



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

Reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata. Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta. Setiembre 2016 - febrero 2017

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología

AUTOR

Luis Alberto GARCÍA CRUZ

ASESOR

Evelina Alejandra MARCELO CARHUAVILCA

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

García L. Reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata. Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta. Setiembre 2016 - febrero 2017 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"



101

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

68
Conforme a lo estipulado en el Art. 45.2 y, Art. 100.13 de la Ley 30220. El Jurado de Sustentación de Tesis nombrado por la Directora de la Escuela Profesional de Tecnología Médica, conformado por los siguientes docentes:

Presidente: Lic. Alejandro Sánchez Portillo
Miembro : Lic. Luis Frank Bernal Quispe
Lic. Enrique Espinoza Esly

Se reunieron en la ciudad de Lima, el día 06 de diciembre de 2017, procediendo a evaluar la Sustentación de Tesis, titulado **"REPRODUCIBILIDAD DEL POSICIONAMIENTO EN PACIENTES QUE RECIBEN TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA EXTERNA PARA CÁNCER DE PRÓSTATA" CENTRO DE RADIOTERAPIA DEL HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD VIRGEN DE LA PUERTA. SETIEMBRE 2016 - FEBRERO 2017** para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología del Bachiller:

LUIS ALBERTO GARCÍA CRUZ

Habiendo obtenido el calificativo de:

18

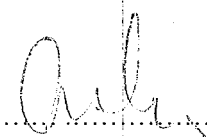
(en números)


Dieciocho

(en letras)

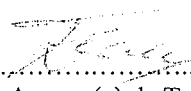
Que corresponde a la mención de: *Muy Bueno*

Quedando conforme con lo antes expuesto, se disponen a firmar la presente Acta.


Presidente
Lic. Alejandro Sánchez Portillo


Miembro
Lic. Luis Frank Bernal Quispe


Miembro
Lic. Enrique Espinoza Esly


Asesor (a) de Tesis
Lic. Evelina Alejandra Marcelo Carhuavilca

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme en esta etapa de mi vida, a mis padres, familiares y amigos por el inmenso apoyo, a todas las personas que me ofrecieron su ayuda en esta tesis, especialmente a la Lic. Katherine Cueto Torres y a la Lic. Evelina Marcelo Carhuavilca por su asesoría y exigencia.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme estar acompañado de gente maravillosa en esta etapa de mi vida.

A mi madre, Doralinda, por su apoyo incalculable, por motivarme frente a las adversidades.

A mi padre, Castorino, que desde el cielo me cuida y me da fortaleza para seguir cumpliendo mis metas.

A mi familia y amigos, por ofrecerme su amistad, cariño y respeto.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN	8
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Justificación	9
1.4. Objetivos	10
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes	11
2.2. Bases conceptuales	13
METODOLOGÍA	33
3.1 Tipo de estudio.....	33
3.2 Población de estudio	33
3.3 Muestra de estudio	33
3.4 Unidad de análisis	33
3.5 Criterios de selección	34
3.6 Operacionalización de variables	35
3.7 Técnica e instrumento	36
3.8 Plan de recolección de datos	36
3.9 Análisis estadístico de los datos	36
3.10 Consideraciones éticas	37
RESULTADOS	38
DISCUSIÓN	46
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variación promedio de los desplazamientos según eje y sesión	39
Tabla 2. Distribución de la reproducibilidad adecuada y no adecuada según ejes.	41
Tabla 3. Variación promedio de los desplazamientos según eje y sentido.	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Dispersión de los desplazamientos realizados según ejes.....	38
Gráfico 2. Variación promedio de los desplazamientos según eje y sesión.....	40
Gráfico 3. Variación promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y, Z.	40
Gráfico 4. Contribución de la reproducibilidad adecuada y reproducibilidad no adecuada en los ejes X, Y, Z.	42
Gráfico 5. Distribución de la reproducibilidad no adecuada según ejes.	42
Gráfico 6. Frecuencia de los desplazamientos realizados.	43
Gráfico 7. Distribución de la variación promedio de los desplazamientos según sentido.	45
Gráfico 8. Distribución del número de imágenes verificadoras con variación significativa.	45

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata. Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta. Setiembre 2016 - febrero 2017.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo prospectivo y de corte longitudinal ya que se midió durante el tiempo de tratamiento las variaciones en las imágenes verificadoras de 15 pacientes con cáncer de próstata que recibieron radioterapia externa entre los meses de enero y mayo en el Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta. Para evaluar la reproducibilidad del posicionamiento de los pacientes se analizó las variaciones de las radiografías verificadoras con respecto a las radiografías digitales reconstruidas (DRR), se utilizó como instrumento una ficha de recolección de datos en la cual se anotaba los movimientos realizados. La reproducibilidad se evaluó en base al umbral de 5mm.

Resultados: Se analizaron 225 datos en 150 imágenes adquiridas. La variación promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y, Z fue de 3.33mm, 2.97mm, 3.03mm respectivamente. El 82.2% de los desplazamientos presentó una reproducibilidad adecuada.

Conclusiones: En este estudio se encontró una adecuada reproducibilidad del posicionamiento en pacientes con cáncer de próstata, con desplazamientos similares a los reportados en la literatura.

Palabras clave: Reproducibilidad, posicionamiento, radioterapia, cáncer de próstata.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the reproducibility of positioning in patients receiving treatment with external radiotherapy for prostate cancer. Center of Radiotherapy of Hospital of High Complexity Virgen de La Puerta. September 2016 - February 2017.

MATERIALS AND METHODS: An observational study was conducted, descriptive and longitudinal - cut, since it was measured during the treatment time the variations in the verification images of 15 patients with prostate cancer who received external radiotherapy between the months of January and May in the Center of Radiotherapy of the Hospital of High Complexity Virgen de La Puerta. To evaluate the reproducibility of patients positioning, it was analyzed the variations of the radiographs with respect to Digitally Reconstructed Radiographs (DRRs). A data collection form was used as an instrument in which the movements were recorded. Reproducibility was assessed based on the 5 mm threshold.

Results: 225 data were analyzed in 150 acquired images. The mean variation of the displacements in the X, Y, and Z axes was 3.33 mm, 2.97 mm, 3.03 mm, respectively. 82.2% of the displacements produced by an adequate reproducibility.

Conclusions: In this study an adequate reproducibility was found, with displacements similar to those reported in the bibliography.

Key words: Reproducibility, positioning, radiotherapy, prostate cancer.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El cáncer de próstata es la neoplasia más frecuente y la segunda causa de muerte en varones en Estados Unidos. Las tasas de incidencia y mortalidad varían de país en país¹. El cáncer de próstata es más frecuente en mayores de 50 años; en Latinoamérica la población es heterogénea, y existe más población joven, lo que explicaría que la incidencia en Latinoamérica sea menor². En el Perú a través de los años, el diagnóstico de la enfermedad avanzada ha ido disminuyendo, mientras que la enfermedad localizada se ha incrementado discretamente³.

Se considera como opciones terapéuticas para el cáncer de próstata a: la prostatectomía radical, la radioterapia externa, la braquiterapia, hormonoterapia y en algunos casos específicos la combinación de las anteriores⁴.

Con la aparición de nuevas tecnologías en radioterapia externa, en algunos servicios se ha instaurado la radioterapia conformada tridimensional (3D-CRT), se ha pasado de la simulación convencional a la simulación por Tomografía Computarizada (TC) logrando administrar un mejor tratamiento, persiguiendo dos objetivos: disminuir la toxicidad en órganos sanos y aumentar la dosis en el blanco⁵.

La ubicación y la reproducibilidad diaria en el tratamiento con radioterapia externa es imprescindible para mantener el volumen blanco de tratamiento dentro de los campos de irradiación. Con mucha frecuencia el posicionamiento y la inmovilización son los puntos más débiles en la planificación del tratamiento, de allí la importancia de la correcta elección de una posición y un buen sistema de inmovilización⁶.

Existen incertidumbres sistemáticas y aleatorias durante el tratamiento de radioterapia, entre las sistemáticas tenemos el diferente posicionamiento del paciente durante la adquisición de las imágenes para la simulación y el posicionamiento al

momento de administrar el tratamiento. Las incertidumbres aleatorias aparecen por las desviaciones en la colocación diaria del paciente en la mesa de tratamiento, también por cambios anatómicos del tumor o por movimientos internos de los órganos⁷.

En el siguiente trabajo de investigación se evalúa la reproducibilidad del posicionamiento mediante la variación del isocentro de las imágenes verificadoras con respecto a las radiografías reconstruidas digitalmente (Digitally Reconstructed Radiographs, DRRs), en pacientes con cáncer de próstata que reciben radioterapia externa.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia para cáncer de próstata?

1.3. Justificación

La finalidad del tratamiento con radioterapia externa es administrar altas dosis de radiación al tejido tumoral, protegiendo los órganos sanos adyacentes, de modo que las complicaciones sean las menores posibles.

La presente investigación se basa en el tratamiento del cáncer de próstata con radioterapia externa conformada tridimensional, ya que al tratarse de un tratamiento con mayor tecnología, demanda también mayor precisión para administrar la dosis de radiación al tejido tumoral; en el caso del cáncer de próstata el tratamiento es de 38 sesiones aproximadamente, es por ello la importancia de evaluar la reproducibilidad en el posicionamiento de los pacientes, que en este caso se realizó mediante la toma de imágenes de verificación para luego ser comparadas con las radiografías reconstruidas digitalmente. Por lo tanto se aprovechó la tecnología con la que cuenta el Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad de Trujillo con el fin de asegurar un tratamiento idóneo para el paciente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación promedio de los desplazamientos según ejes y sesiones.
- Establecer la denominación de reproducibilidad adecuada y no adecuada en función a los desplazamientos realizados según ejes.
- Determinar la frecuencia de los desplazamientos realizados.
- Determinar la variación promedio de los desplazamientos según ejes y sentido.
- Estimar el número de imágenes verificadoras con variación significativa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Antecedentes internacionales

Krengli M, et al.⁸ (Italia, 2009) en su artículo: “Reproducibility of patient setup by surface image registration system in conformal radiotherapy of prostate cancer” (Reproducibilidad del posicionamiento del paciente por el sistema de registro de imágenes de superficie en radioterapia conformacional del cáncer de próstata). Evaluó la reproducibilidad del posicionamiento de 16 pacientes con cáncer de próstata que recibieron radioterapia conformacional; el promedio de los errores aleatorios y sistemáticos fueron $1,2 \pm 2,3\text{mm}$ y $0,3 \pm 3,0\text{mm}$ en el eje X, $0,0 \pm 1,4\text{mm}$ y $0,5 \pm 2,0\text{mm}$ en el eje Y, y $2,0 \pm 1,8\text{mm}$ y $-0,7 \pm 2,4\text{mm}$ a lo largo del eje Z. El error de posicionamiento detectado por AlignRT a lo largo de los ejes X, Y, y Z supera el valor de 5 mm en el 14,1%, 2,0% y 5,1% de las mediciones y el valor de 3 mm en 36,9%, 13,6% y 27,8% de las mediciones, respectivamente. Concluye que el sistema de registro de imágenes de superficie parece ser un método no invasivo, sencillo, rápido y reproducible para analizar la alineación de puesta a punto en la radioterapia conformacional para cáncer de próstata.

Giordani A, Souza R.⁹ (Brasil, 2010), en su artículo: “Acurácia na reprodutibilidade do posicionamento diário de pacientes submetidos a radioterapia conformada (RT3D) para câncer de próstata” (Precisión en la reproducibilidad de la posición diaria en pacientes sometidos a radioterapia conformada 3D para el cáncer de próstata); evaluó un total de 960 imágenes radiológicas (anterior y lateral) de 120 pacientes sometidos a radioterapia conformacional de la próstata cáncer con la técnica isocéntrica. Se observaron los siguientes cambios de posición promedio: $1,99 \pm 1,25$ mm craneocaudal, $1,37 \pm 0,84$ mm lateralmente y $1,94 \pm 1,10$ mm anteroposteriormente. Concluye que el uso de protocolos específicos para la verificación del posicionamiento es factible en la práctica clínica, lo que permite la

reproducibilidad adecuada y rápida corrección de los posibles errores en el tratamiento.

Sánchez R, González A, Rocha A.⁷ (Colombia, 2011), en su estudio: “Reproducibilidad del posicionamiento de pacientes en tratamiento con radioterapia del Centro Javeriano de Oncología”; analizó 809 imágenes en 316 pacientes, la mayoría de cáncer de próstata. En el 91% de los casos, las imágenes obtenidas no requirieron correcciones por posicionamiento durante el tratamiento; el promedio de correcciones en los tres ejes fue de 3,4 mm; $3,6 \pm 1,7\text{mm}$ en el eje X, $4,5 \pm 1,95\text{mm}$ en el eje Y, $4 \pm 2\text{mm}$ en el eje Z; el 33% de la correcciones en pacientes con cáncer de próstata fueron mayores a 3mm. Concluye que existe una adecuada reproducibilidad en el posicionamiento, y que se requiere una mejor inmovilización en pacientes obesos o muy delgados.

Antecedentes nacionales

Velásquez D, Quispe I.¹⁰ (Perú, 2014). En su artículo: “Cuantificación de la reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben Radioterapia con dispositivos de inmovilización para tratamientos con VMAT utilizando DRR y CBCT”; analizaron un total de 32 pacientes, de los cuales 18 son de la región de la pelvis entre los que están comprendidos tumores de próstata y de cuello uterino y 14 son de tumores cerebrales y de la región de la cabeza y cuello. Se encontraron variaciones que oscilan de 2-4 mm para tumores de próstata y cuello uterino; y de 1-2 mm para los tumores de la cabeza y del cuello. El estudio concluye que hay variaciones mínimas permitidas que están contempladas durante la planificación del tratamiento

Navarro E.¹¹ (Perú, 2014). En su tesis: “Evaluación de la coincidencia entre el isocentro de la imagen de simulación y verificación, en el tratamiento con radioterapia del cáncer de cuello uterino”; evaluó 120 casos, los resultados mostraron que en un 64.2% del total de casos hubo variación del isocentro entre la imagen de simulación y la de verificación, el promedio de las correcciones de los tres ejes fue de 0,5cm, siendo la magnitud promedio de las variaciones 0.446 cm (rango, 0.15 a 1 cm), 0.622

cm (rango, 0.25 a 1.5 cm) y 0.586 cm (rango, 0.25 a 1 cm) en los ejes X, Y, Z respectivamente; en el eje X, en 38 (66.7%) el sentido de la corrección fue hacia la izquierda y en 19 (33.3%) fue hacia la derecha. De las 16 imágenes con correcciones en el eje Y, en 5 (31.3%) el sentido de la corrección fue superior y en 11 (68.7%) fue inferior. De las 25 imágenes con correcciones en el eje Z, en 14 (56%) el sentido de la corrección fue posterior y en 11 (44%) el sentido fue anterior. Concluye que se encontró poca coincidencia del isocentro entre la imagen de simulación y verificación, con un promedio de variación en los ejes X, Y, Z mayor a los reportados en la literatura, pero dentro del margen aceptado internacionalmente.

2.2. Bases conceptuales

Radioterapia Externa

Esbozo histórico

Durante la década de los 70 – 80, el estadiaje en los pacientes tratados con radioterapia externa para cáncer de próstata se basaba en la clínica y el tacto rectal, la planificación del tratamiento era mediante radiografías simples, se usaban campos con límites estandarizados y solo se obtenía el estudio dosimétrico en un plano. Años más tarde, con la implementación de la tomografía computarizada (TC), se demostró que los tumores locamente avanzados no se les trataban adecuadamente. Con la información de la TC y el uso de bloques de cerrobend, surgió la radioterapia convencional. En 1987 surgió el primer TC simulador, incorporando las imágenes tomográficas a un sistema de planificación tridimensional. Con la radioterapia conformada en tres dimensiones (RT3D), gracias a la ayuda de la TC y a los sistemas informáticos de cálculo dosimétrico, se obtienen imágenes virtuales de los volúmenes a tratar, que permiten concentrar mejor la dosis. La radioterapia por intensidad modulada (IMRT: Intensity-modulated radiation therapy) es una forma avanzada de RT3D más precisa, en la que se modula o controla la intensidad del haz de radiación, obteniendo alta dosis de radiación en el tumor y minimizando la dosis en los tejidos sanos. Para ello utiliza modernos aceleradores lineales con colimador

multiláminas y sofisticados sistemas informáticos de planificación dosimétrica y verificación de dosis¹².

La radioterapia en el Perú ha desarrollado siguiendo el avance mundial y estamos en condiciones de ofrecer a nuestros pacientes tratamientos sofisticados de calidad tanto en tele como braquiterapia y Radiocirugía. El Perú es país de cáncer avanzado y la radioterapia es más necesaria cuando el cáncer es avanzado por lo que es fundamental una política concertada para enfrentar con las armas adecuadas a la enfermedad que es la segunda causa de muerte en el país, desafortunadamente la radioterapia tiene una oferta muy limitada¹³.

Técnicas de irradiación en Radioterapia Externa para cáncer de próstata

Radioterapia convencional

Los pacientes son tratados con campos individualizados, reciben tratamiento en pelvis mediante 4 campos, técnica de caja: 2 campos AP-PA y dos laterales opuestos, con protección de la pared posterior del recto, esfínter anal, intestino delgado y vejiga. Se utilizan fraccionamientos de 180 – 200 cGy, 5 días por semana hasta alcanzar una dosis de 45-50 Gy. Posteriormente se realiza un tratamiento de sobredosis de la próstata y las vesículas seminales, mediante una técnica rotatoria o bien continuando con una técnica de 4 campos, con igual fraccionamiento y una dosis de 15- 20 Gy. Así pues, las dosis convencionales administradas en el cáncer de próstata oscilan entre 65-70 Gy¹⁴.

Radioterapia Conformada Tridimensional (3D-CRT)

La radioterapia de conformación tridimensional utiliza tecnología informática que permite a los médicos apuntar al tumor con mayor precisión los haces de radiación (usando la anchura, altura y profundidad). Se puede obtener una imagen del tumor en tres dimensiones usando tomografía computarizada. Al usar la información de la imagen, algunos programas computarizados especiales diseñan haces de radiación que se “ajustan” a la forma del tumor. Ya que la mayor parte del tejido sano ubicado alrededor del tumor no se ve afectada por esta técnica, es posible usar altas dosis de

radiación para tratar el cáncer. La 3D-CRT es un método de gran utilidad en el tratamiento de diversas lesiones como tumores del sistema nervioso central, tumores de cabeza y cuello, carcinoma de pulmón y tumores abdominales¹⁵.

En particular, el carcinoma de próstata es uno de los tumores en los que se ha aplicado esta técnica con beneficios significativos. La realización de 3D-CRT, y más aún, la aplicación de técnicas de IMRT en la irradiación pélvica están demostrando una mejor protección de los órganos de riesgo (vejiga, recto e intestino delgado)¹⁶.

Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT)

La IMRT representa una mejora adicional en comparación a otras técnicas de radioterapia en el momento de la entrega de la dosis a los volúmenes blanco (próstata) y a los órganos de riesgo (recto y vejiga). La IMRT ha demostrado una mejoría significativa en supervivencia libre de recaída bioquímica a largo plazo (hasta 10 años) con altas dosis en pacientes con cáncer de próstata de riesgo intermedio y alto. Así mismo, se han demostrado menores tasas de toxicidad gastrointestinal y genitourinaria con IMRT respecto a 3D-CRT¹⁶.

Tratamiento del cáncer de próstata con Radioterapia Conformada Tridimensional (3D-CRT)

El proceso para el tratamiento con 3D-CRT tiene las siguientes etapas básicamente:

Posicionamiento e inmovilización

Antes del inicio de la simulación se debe seleccionar la posición del paciente durante el tratamiento (decúbito prono o supino), teniendo en cuenta la situación anatómica del volumen a tratar, el bienestar del paciente y la futura incidencia de los haces de radiación. En este momento también es preciso seleccionar el sistema de inmovilización más adecuado para el tipo de tratamiento y el paciente concreto.

Los pacientes con patología oncológica de próstata son posicionados por el Tecnólogo Médico en la camilla del tomógrafo simulador, en una posición confortable y reproducible, en decúbito supino ya que La movilidad prostática intrafracción es

mayor en decúbito prono, así también para evitar movimientos en los pies se le coloca un inmovilizador de miembros inferiores¹⁷. En tanto la alineación del paciente consiste en marcar puntos de referencia a partir del cual se determina la posición del isocentro. Generalmente se dispone de láseres (dos laterales y uno en el techo) que proyectan cruces formando el isocentro de la simulación (isotac). Una vez alineado al paciente, y elegido el origen del sistema de coordenadas, podemos disponernos a realizar unos tatuajes que nos permitan localizar el isocentro a lo largo de todo el tratamiento. En la unidad de tratamiento los láseres deben coincidir con los tatuajes para luego hacer los desplazamientos indicados en el informe de planificación.

Adquisición de imágenes

Los sistemas de planificación tridimensionales permiten al médico radioterapeuta definir el tumor y las zonas de anatomía normal. La herramienta más utilizada en la actualidad para ello es la Tomografía Computarizada.

Recomendaciones para la TC de simulación:

- Previa preparación intestinal (enema) y dieta blanda.
- Instruir al paciente en el protocolo que adopte cada servicio sobre el vaciado o no de la vejiga y el recto antes de la TC y de cada tratamiento.
- Colocar sonda vesical con medio de contraste endovesical.
- Adquirir imágenes desde L2 hasta el límite inferior del trocánter mayor.
- Utilizar un grosor y separación de cortes de 3 mm.
- Marcar origen tatuando 3 centros (Línea Media Central, Línea Axilar Media Derecha e Izquierda o según anatomía del paciente).
- Importar imágenes a sistema de planificación de tratamiento.

Algunos servicios están introduciendo la planificación con Resonancia Magnética Nuclear (RMN) o la fusión TC con RMN, si se dispone de ella, dado que la TC sobrestima la próstata. También es útil para diferenciar el ápex y la interfase vejiga próstata¹⁸.

Definición de volúmenes

La Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación (ICRU) ha elaborado el informe “Prescripción, Registro y Elaboración de Informes en la Terapia con Haces de Fotones” (ICRU Report 62, Suplemento de ICRU Report 50) que nos aporta una serie de recomendaciones para hablar un lenguaje común a la hora de prescribir, informar y registrar los volúmenes y las dosis empleadas en los tratamientos de radioterapia^{19, 20}.

Se considera imprescindible los conceptos y definiciones del reporte ICRU, dentro de este reporte tenemos al volumen tumoral macroscópico (GTV) que es la extensión y localización demostrable del crecimiento maligno. Su delimitación está basada en técnicas de imagen, examen clínico y otros métodos diagnósticos que deben ser especificados por el oncólogo radioterápico. En cuanto el volumen blanco clínico (CTV) es un volumen de tejido que contiene un GTV demostrable o enfermedad maligna subclínica que debe ser eliminada. Este volumen debe ser tratado adecuadamente para alcanzar el objetivo de la terapia radical. La estimación de la probabilidad de existencia, en un volumen, de células tumorales, aun cuando no sean detectables, se basa en la experiencia clínica sobre el riesgo de recidiva si no se trata adecuadamente, puede incluir el GTV con un margen y en ocasiones coincidir con él (p. ej. sobreimpresión a la próstata).

De esta manera para el tratamiento del cáncer de próstata tenemos los siguientes CTVs:

- Bajo riesgo: el CTV1 conformado por la próstata y que se considere la porción proximal de las vesículas seminales
- Riesgo intermedio: CTV1 que incluye la próstata y en consideración la porción proximal de las vesículas seminales, también un CTV2 conformado por el CTV1 más la porción distal de vesículas seminales.
- Alto riesgo: CTV1 incluyendo la próstata más enfermedad extracapsular si existe y porción proximal de las vesículas seminales. El CTV2 conformado por

el CTV1 más porción distal de vesículas seminales considerando ganglios linfáticos periprostáticos y resto de ganglios pélvicos²¹.

Otro volumen a tener en cuenta es el volumen blanco de planificación (PTV), el cual es un concepto geométrico y se define para seleccionar los tamaños y configuraciones apropiadas de los haces, de modo que se asegure que la dosis prescrita es realmente administrada al CTV. Para evitar desviaciones significativas respecto a la prescripción en cualquier parte del CTV, deben añadirse márgenes al CTV debido a las variaciones en su posición, tamaño y forma, en cada fracción o entre fracciones del tratamiento.

Los márgenes que se añaden son el margen interno que compensa los movimientos fisiológicos esperados (respiración, circulación, peristaltismo, llenado vesical y de recto) creando el volumen blanco interno (ITV) y el margen de configuración que compensa las imprecisiones y fallos de reproducibilidad en el posicionamiento del paciente y la alineación de los haces terapéuticos durante la planificación y a lo largo de las sesiones de tratamiento, cabe mencionar que el margen interno y el margen de configuración no podrán sumarse linealmente, sino que habrá que llegar a una solución intermedia²².

Los movimientos interfractionales requieren de un margen adicional de 1,1 cm para asegurar que el CTV está cubierto por el PTV el 95% del tiempo. Cuanto mejores sean nuestros métodos de localización e inmovilización, menor podrá ser el margen que demos al PTV y podremos administrar dosis más altas con mayor seguridad, por lo tanto vendrá determinado por los sistemas de inmovilización, localización prostática y de verificación.

El conocimiento de la movilidad prostática es hoy en día una pieza fundamental en la planificación del tratamiento del cáncer de próstata con radioterapia, pues será uno de los aspectos a tener en cuenta a la hora de decidir el PTV. De este modo los factores que influyen en la movilidad prostática durante la irradiación son el volumen de repleción rectal, vesical y los movimientos respiratorios. Existen hasta la actualidad más de 20 autores que se han interesado en la movilidad de la próstata

intentando cuantificarla. Del estudio de todos ellos podemos concluir lo siguiente²³: movimientos laterales 0,7 – 3,2 mm; movimientos craneocaudales 1,7 – 5,5 mm; movimientos anteroposteriores 1,5 – 7,3 mm.

Órganos de riesgo

El recto se contornea desde la flexura sigmoidea hasta el primer corte de TAC por encima del borde anal. Se delimita toda la circunferencia rectal, con el recto vacío. La vejiga se delimita en toda su circunferencia. Para el bulbo se recomienda su localización mediante fusión con RMN. Cabezas femorales: delimitamos la cabeza femoral y el cuello anatómico del fémur hasta el trocánter menor²⁴.

Fraccionamiento y dosis

La escalada de dosis con técnicas de radioterapia 3D y con IMRT ha permitido aumentar la dosis de tratamiento sin incrementar la toxicidad. Existe una relación dosis-respuesta en el cáncer de próstata y que el aumento de la dosis se traduce en un aumento del control de la enfermedad. Estudios han mostrado que son necesarias dosis entre 76-78 Gy para maximizar el potencial curativo sobre el cáncer de próstata. Este beneficio parece ser más evidente en los pacientes de riesgo intermedio²⁵.

Las dosis alcanzadas son altamente variables dependiendo de las instituciones y de la técnica utilizada. Así tenemos esquemas de IMRT de 86 Gy o de 79,2 Gy con RTC3D, entre otros^{26, 27}. En nuestra institución se considera lo siguiente:

Tratamientos curativos: fraccionamiento de 2 Gy/día

- Post operado de cirugía radical e indicación para radioterapia complementaria: 66-70 Gy
- Radioterapia de rescate post-prostatectomía en recaída bioquímica: 70 Gy
- Bajo riesgo de recaída : 74 - 76 Gy
- Riesgo intermedio de recaída: 76 Gy
- Alto riesgo de recaída: 76-78 Gy

En tanto para tratamientos paliativos se considera:

- 3 Gy/día hasta 30 Gy,
- 4 Gy/día hasta 20 Gy,
- 5 Gy/día hasta 20 Gy,
- 8 Gy dosis única.

Planificación del tratamiento

La planificación será realizada por el físico médico y si satisface la dosimetría prescrita, el médico tratante la revisará para proceder a la aprobación en junta médica de radioterapia. La planificación de tratamiento debe ser aprobada y firmada por la junta médica de radioterapia cuando se cumplan las exigencias, de no ser así deberán realizarse las modificaciones convenientes.

Inicio del tratamiento

Luego de ser aprobado el plan de tratamiento por la junta médica de radioterapia, se imprime el reporte de planificación, se adjunta a la ficha de tratamiento del paciente y es entregado a los tecnólogos médicos para el inicio del tratamiento en sí. Es de gran importancia asegurar que la ejecución del tratamiento planificado tenga la menor incertidumbre posible (mínima diferencia entre el volumen planificado y el volumen irradiado real) comprobando que el posicionamiento del paciente es el correcto y que el objetivo no ha cambiado, todo ello antes de administrar el tratamiento²⁸.

Control de calidad durante el tratamiento

El control de calidad en el tratamiento con radioterapia se da mediante la verificación, esta puede ser dosimétrica o geométrica, para fines de este estudio, nos referiremos a la verificación geométrica. De este modo los datos sobre el volumen planificado se obtienen de las radiografías de simulación o de las imágenes radiográficas reconstruidas digitalmente (DRRs), mientras que el volumen irradiado lo conocemos gracias a las imágenes portales o de los sistemas de imagen electrónica portal (EPID, electronic portal imaging devices)²⁹.

Reproducibilidad del posicionamiento en el tratamiento con Radioterapia Externa

La reproducibilidad del posicionamiento del paciente para la radioterapia se basa en varios métodos incluyendo marcadores externos, imágenes portales planares o tomográficas, y más recientemente, las imágenes de superficie^{30, 31}.

Los EPID proporcionan resultados en tiempo real, existiendo la posibilidad de obtener múltiples imágenes que, además, pueden procesarse para mejorar su visualización. Se pueden obtener antes y durante el tratamiento y grabar la posición del paciente, como método de control de calidad que permite seguridad en la reproducibilidad diaria del posicionamiento del paciente y la cobertura del volumen tumoral. Este control de calidad, se realiza con el sistema de coordenadas X, Y, Z, para hacer la comparación respectiva¹¹. El eje X Representa la coordenada lateral, formando un plano que divide al cuerpo en derecho e izquierdo, el eje Y representa la coordenada longitudinal, formando un plano que divide al cuerpo en superior e inferior y el eje Z representa la coordenada vertical, formando un plano que divide al cuerpo en anterior y posterior. Como ventaja adicional presentan su facilidad de integración en una red de datos relacionados con el tratamiento de los pacientes. Uno de los inconvenientes del sistema es el elevado coste, tanto en su implementación como en su mantenimiento especializado, precisándose además continuas actualizaciones de software y hardware³².

Protocolos de verificación y corrección con EPID en cáncer de próstata.

El término "set-up error" se utiliza para describir la discrepancia entre la posición de tratamiento prevista y real. Comprende un componente sistemático y otro aleatorio.

Se entiende por errores sistemáticos a la diferencia existente entre la simulación y el inicio del tratamiento del paciente, debido a errores en la planificación y simulación. Y por errores aleatorios a las variaciones día a día durante el transcurso del

tratamiento, causados por desviaciones diarias al colocar al paciente, cambios morfológicos del tumor, o movimientos internos de algunos órganos⁷.

Los errores sistemáticos deben ser identificados y minimizados usando protocolos de corrección para cada paciente, mientras que los errores aleatorios deben ser minimizados prestando atención a la inmovilización y técnicas de preparación del paciente.

El protocolo de verificación y corrección difiere de unas instituciones a otras. El procedimiento más frecuente en la verificación del posicionamiento en pacientes con cáncer de próstata es emplear dos imágenes portales ortogonales para la verificación: frontal y lateral. En la imagen frontal se emplean como estructuras de referencia las ramas superior e inferior del pubis, la sínfisis púbica y los agujeros obturadores y nos permite medir el desplazamiento del isocentro en dirección supero-inferior y derecha izquierda. En las imágenes laterales las estructuras de referencia son la sínfisis púbica, las cabezas femorales y los acetábulos y podemos evaluar el desplazamiento del isocentro en dirección supero-inferior y antero-posterior.

Estas imágenes, comparadas con las de referencia, nos permiten hacer una corrección off-line u on-line. La corrección on-line más simple consiste en obtener las imágenes portales justo antes de la sesión de tratamiento y modificar la posición del isocentro si se detecta algún error. En cuanto a la corrección off-line, la más sencilla se realiza con imágenes portales una vez a la semana. La corrección más exacta se consigue calculando la media de los errores en cada dirección (anteroposterior, supero-inferior y derecha-izquierda) medidos en las imágenes obtenidas durante los cinco primeros días de tratamiento de un curso prolongado de radioterapia. Tras el quinto día de tratamiento se aplica la corrección a aquellos parámetros cuya media presenta un error igual o superior a 2-3 milímetros³³.

Las correcciones on-line son capaces de aplicar correcciones tanto sobre las contribuciones aleatorias como sobre las sistemáticas, las correcciones off-line corrige los errores sistemáticos; entre los protocolos más utilizados tenemos a los

denominados shrink action level (SAL) y no action level (NAL). El Centro de Radioterapia del Hospital Nacional de Alta Complejidad Virgen de La Puerta no cuenta con un protocolo establecido para la verificación del tratamiento.

Equipos para el tratamiento con radioterapia externa en cáncer de próstata.

Acelerador lineal de electrones

Estas unidades son capaces de emitir múltiples energías de electrones y de RX para seleccionar la más adecuada a cada tratamiento. Las tasas de dosis absorbida a la que pueden trabajar son mayores que las de las unidades de Co 60, lo que permite acortar los tiempos de tratamiento. Existen aceleradores diseñados específicamente como generadores de Rx y otros, capaces de emitir Rx y electrones. Los primeros suelen disponer de energías bajas de RX mientras que los segundos suelen tener dos energías de RX, una de unos 6 MV y otra de mayor energía (de 15 a 23 MeV), y una gama amplia de energías de electrones³⁴.

Equipos de formación de imagen

En la etapa de simulación del proceso radioterápico, ya sea en un simulador convencional o virtual, se obtienen imágenes, que se usan posteriormente como referencia para compararlas con las obtenidas en el momento del tratamiento y ver si la localización del volumen a tratar se corresponde con la considerada en la planificación. En la etapa del tratamiento propiamente dicho, el posicionamiento correcto del volumen a tratar del paciente es un requisito previo importante para asegurar una irradiación acorde con la planificada.

Dispositivos electrónicos de formación de imagen portal (EPID)

Es necesario obtener imágenes en la posición en que se coloca el paciente para su tratamiento y compararlas con las de referencia (simulación). Con dicho fin, uno de los equipos adicionales de los que puede disponer un acelerador lineal de electrones es un sistema de formación de imagen usando como fuente de radiación los fotones generados en la propia máquina. En los últimos años, se han fabricado aceleradores

con equipos adicionales que permiten obtener imágenes con Rx de energías dentro del rango usado en diagnóstico (Kilovoltaje), lo que conduce a un mejor contraste de los tejidos blandos. Dichas imágenes sirven, en caso de la no concordancia con la imagen de referencia, para corregir la posición de la mesa de tratamiento y recentrar el volumen a tratar en su posición correcta³⁵.

Para este trabajo se usó el acelerador lineal marca Varian modelo iX, que cuenta con dos energías en fotones (6 y 18 MeV) y 5 energías en electrones (6, 9, 12, 15 y 18 MeV), equipado con colimadores multiláminas de 120 hojas dispuestas en dos bloques colocados uno al frente del otro de los cuales en la parte central, se encuentran 40 pares opuestos de láminas que miden 0,5 cm de ancho y 10 cm de largo, las láminas de los extremos miden 1 cm de ancho de manera que el conjunto completo se dispone para adaptarse a la forma del tumor y atenuar el haz de fotones. Para las imágenes verificadoras con Kilovoltaje cuenta con el sistema “On Board Imager, OBI” y para imágenes con megavoltaje “Portal Vision, PV”.

Cáncer de próstata

La próstata adulta normal aproximadamente pesa 18 gr, mide 3 cm de longitud, 4 cm de anchura y 2 cm de profundidad, y es atravesada por la uretra prostática. Se ha descrito que la próstata tiene forma de nuez. En cuanto a la irrigación arterial de la próstata, procede de la arteria vesical inferior. El drenaje linfático se efectúa principalmente hacia los ganglios obturadores e ilíacos internos; no obstante, una pequeña porción puede drenar en los ganglios presacros e ilíacos externos³⁶.

Aproximadamente el 70% de la próstata está compuesta de tejido glandular, y 30% se compone de tejido no glandular. Para la división anatómica de la próstata, el sistema de compartimento zonal desarrollado por McNeal es ampliamente aceptado. Según este sistema, el tejido glandular se subdivide en la parte central y la glándula periférica. La glándula central se compone de una zona de transición y el tejido periuretral, y de la glándula periférica se compone de zonas periféricas y centrales. La zona periférica incluye la parte posterior y lateral de la próstata y representa la mayor parte del tejido glandular (70%). Es la zona en la que surge el 70% de los

cánceres de próstata. La zona de transición representa el 5% y el 10% del tejido glandular de la próstata. La proliferación celular en la zona de transición da lugar a la hiperplasia prostática benigna. Además, el 20% de los cánceres de próstata surgen en la zona de transición^{37 - 40}.

A partir de los resultados comunicados por grupos con experiencia en el manejo del cáncer de próstata exclusivamente con vigilancia, se han podido conocer detalles de la historia natural de este tumor en algunos estadios. Parece ser que los tumores bien diferenciados, órganoconfinados y de pequeño volumen, presentan baja agresividad y que por tanto no se beneficiarían de un diagnóstico precoz⁴¹.

Epidemiología

El cáncer de próstata es la neoplasia más frecuente y la segunda causa de muerte en varones en Estados Unidos. En el mundo, las tasas de incidencia y mortalidad varían de país en país¹.

El cáncer de próstata es el cuarto cáncer más común en ambos sexos y el segundo cáncer más común en los hombres, es más frecuente en mayores de 50 años. Se estima que 1,1 millones de hombres en todo el mundo fueron diagnosticados con cáncer de próstata en 2012⁴².

En el Perú, el cáncer de próstata presenta un aumento en la incidencia, y se asocia al incremento de la esperanza de vida y la longevidad. A través de los años, el diagnóstico de la enfermedad avanzada ha ido disminuyendo, mientras que la enfermedad localizada se ha incrementado discretamente. En el último quinquenio, entre el 2006 y el 2010, el 21% fueron estadio I-II; 42% estadio III, y 37% avanzados³.

Es probable que esta situación no cambie en el ámbito nacional, en que en la mayoría de los casos el cáncer de próstata se diagnostica en estadios avanzados. Cabe mencionar que la tasa de detección en el INEN es alta debido a que es un hospital de referencia; a la institución acuden pacientes con alta sospecha de cáncer de próstata⁴³.

Factores de riesgo

Los factores de riesgo identificados son edad, raza, historia familiar de la enfermedad y factores alimenticios. Otros factores son tabaquismo, alcoholismo, índice de masa corporal y actividad física. La edad es un importante factor de riesgo, ya que rara vez la enfermedad ocurre antes de los 40 años; por el contrario, la máxima incidencia se observa a los 65 años de edad. Series de necropsia revelan que 60 a 70% de los individuos mayores de 80 años tiene focos de cáncer prostático, aun con otras causas de muerte⁴⁴.

Se estima que algunos varones de entre 30 a 40 años de edad tienen incidencia alta de focos microscópicos de neoplasia intraepitelial prostática (NIP), mientras que los adultos mayores presentan lesiones más grandes, lo que sugiere que las lesiones resultan de la progresión de la NIP. Se ha observado mayor incidencia de cáncer prostático en varones de raza negra que en blancos.. Se ha observado que el riesgo aumenta entre los japoneses cuando emigran a Estados Unidos y adquieren el estilo de vida occidental, lo que apoya aún más la hipótesis sobre la importancia de los factores dietéticos en el origen de la enfermedad⁴⁵.

Varios estudios han demostrado a los antecedentes familiares como factor de riesgo importante para padecer cáncer de próstata. Se ha informado que el riesgo se incrementa hasta tres veces, en relación con la población general. Este riesgo aumenta entre más familiares de primer grado hayan padecido la enfermedad y entre más jóvenes se hayan encontrado éstos al momento del diagnóstico⁴⁶.

El cáncer de próstata hereditario es una entidad rara (hasta 9% del total de los casos). Cuando el paciente tiene familiares en primer grado con cáncer de próstata, el riesgo respecto de la población general aumenta dos veces con un miembro y cinco a once veces con dos o más^{47, 48}.

Se cree que los pacientes que consumen cantidades elevadas de grasa animal y poca fibra y que ingieren menor cantidad de licopenos (citoprotector), tienen incidencia elevada de cáncer de próstata⁴⁹.

Patrón de diseminación

El cáncer de próstata se disemina hacia el parénquima adyacente, penetra la cápsula y alcanza la grasa periprostática o se desplaza a través de los conductos eyaculadores hacia las vesículas seminales. Sobre todo en los tumores de alto grado, hay diseminación linfática hacia los ganglios regionales (lo que incluye los ganglios hipogástricos y los obturadores). La diseminación hemática, al final ocurre principalmente hacia el hueso, especialmente la columna vertebral en los segmentos lumbosacros (quizá relacionado con el drenaje venoso de la próstata a través del plexo de Batson), aunque cualquier hueso, incluso cráneo y costillas, pueden resultar afectados. Los sitios raros de metástasis son el hígado y los pulmones con un 6% aproximadamente⁵⁰.

Antígeno Prostático Específico

El antígeno prostático específico (PSA) es una sustancia proteica sintetizada por la próstata normal y cuya función es la disolución del coágulo seminal. Su producción depende de la presencia de andrógenos y del tamaño de la glándula prostática. Una pequeñísima parte de este PSA pasa a la circulación sanguínea y es precisamente este PSA que pasa a la sangre el que se mide para el diagnóstico, pronóstico y seguimiento del cáncer de próstata. Por tanto, las concentraciones séricas pueden aumentar en presencia de hipertrofia benigna de próstata (HBP), prostatitis y otras enfermedades no malignas. La concentración de PSA es un parámetro continuo: cuanto mayor es el valor, más probabilidades hay de que exista un cáncer de próstata. El hallazgo de que muchos varones pueden tener un cáncer de próstata, a pesar de presentar concentraciones bajas de PSA, ha sido subrayado por los resultados de un estudio de prevención estadounidense⁵¹.

El grado histológico lo proporciona el patólogo con la gradación de Gleason. Esta gradación reconoce 5 patrones de diferenciación (1-5) siendo el 5 el más indiferenciado. En cuanto al índice de Gleason hay que hacer varias consideraciones: deben informarse los 2 patrones predominantes en forma de suma

(3+4, 4+4, etc.), siendo el primero el de mayor presencia en la muestra. De hecho, tiene un peor pronóstico un 4+3 que un 3+4; además, hay que recordar que hasta en un 30% de los casos, el índice de Gleason de la biopsia es inferior al de la prostatectomía (infragradación) y en un 12% superior (supragradación).

Estadificación del cáncer de próstata

Los principales factores pronósticos para el cáncer de próstata son el PSA, el índice de Gleason y el estadio clínico, con ellos se elaboran los grupos de riesgo⁵².

Para la estadificación se utiliza actualmente el TNM de la 7.ª ed.⁵³.

Clasificación TNM (7.ª ed.)		
Tumor primario (T)		
Tx		No puede evaluarse el tumor primario
T0		No hay evidencia de tumor primario
T1		Tumor no evidente clínicamente, no palpable ni visible mediante técnicas de imagen
	T1a	Tumor detectado como hallazgo histológico incidental en 5 % o menos del tejido resecado
	T1b	Tumor detectado como hallazgo histológico incidental en > 5 % del tejido resecado
	T1c	Tumor identificado mediante punción biopsia (por ejemplo, a consecuencia de un PSA elevado)
T2		Tumor limitado a la próstata*
	T2a	El tumor abarca la mitad de un lóbulo o menos
	T2b	El tumor abarca más de la mitad de un lóbulo pero no ambos lóbulos
	T2c	El tumor abarca ambos lóbulos
T3		Tumor que se extiende a través de la cápsula prostática**
	T3a	Extensión extracapsular unilateral o bilateral
	T3b	Tumor que invade la(s) vesícula(s) seminal(es)

T4		Tumor fijo o que invade estructuras adyacentes distintas de las vesículas seminales: vejiga, músculos elevadores del ano y/o pared pélvica
<p>*Un tumor detectado en uno o ambos lóbulos mediante punción biopsia, pero no palpable o visible por técnicas de imagen, se clasifica como T1c.</p> <p>**La invasión del ápex prostático o de la cápsula prostática (pero no más allá de la misma) no se clasifica como un T3, sino como un T2.</p>		
Tumor primario patológico (pT)*		
pT2		Tumor confinado a la próstata
	pT2a	Afectación unilateral, afectando la mitad de un lado o menos
	pT2b	El tumor abarca más de la mitad de un lado pero no ambos lados
	pT2c	El tumor abarca ambos lados
pT3		Extensión extraprostática
	pT3a	Extensión extraprostática o invasión microscópica del cuello vesical**
	pT3b	Invasión de vesículas seminales
pT4		Invasión de vejiga o recto
<p>*No hay T1 patológico.</p> <p>**Los márgenes quirúrgicos positivos deberían indicarse como R1 (enfermedad microscópica residual).</p>		
Ganglios linfáticos regionales (N)		
Clínico		
Nx	No se pueden evaluar los ganglios linfáticos regionales	
N0	No se pueden demostrar metástasis ganglionares regionales	
N1	Metástasis en ganglio(s) linfático(s) regional(es)	
Patológico		
pNx	No hay muestra de ganglios regionales	
pN0	No hay ganglios regionales positivos	
pN1	Metástasis en ganglio(s) regional(es)	
Metástasis a distancia (M)*		

M0		No hay metástasis a distancia
M1		Metástasis a distancia
	M1a	En ganglio(s) linfático(s) no regional(es)
	M1b	Tumor detectado como hallazgo histológico incidental en > 5 % del tejido resecado
	M1c	Otra(s) localización(es)
*Cuando existe más de una localización metastásicos se usa la categoría más avanzada. M1c es la más avanzada.		

Existen diferentes clasificaciones para elaborar los grupos de riesgo, pero las dos más usadas son las de la Guía del National Comprehensive Cancer Network (NCCN) y la publicada por D'Amico.⁵⁴

Modelo de grupos de riesgo	
Según criterios del <i>National Comprehensive Cancer Network</i> (NCCN)	
Muy bajo riesgo	cT1c, Gleason ≤ 6, PSA < 10 ng/ml, < 3 cilindros de biopsia positivos con afectación de ≤ 50 % de cada cilindro, y una densidad de PSA < 0,15 ng/ml/g
Bajo riesgo	cT1-T2a, Gleason 2-6 y PSA < 10 ng/ml
Riesgo intermedio	cT2b-T2c o Gleason 7 o PSA 10-20 ng/ml
Alto riesgo	T3a, Gleason 8-10 o PSA > 20 ng/ml
Muy alto riesgo	cT3b-4
Metastásico	Cualquier T con N1 o cualquier T y N con M1
Según criterios de D'Amico	
Bajo riesgo	cT1-T2a, Gleason ≤ 6 y PSA < 10 ng/ml
Riesgo intermedio	cT2b o Gleason 7 o PSA 10-20 ng/ml
Alto riesgo	cT2c-T4, Gleason 8-10 o PSA > 20 ng/ml

Además de estos tres factores pronósticos, existen otros que se deben tener en cuenta y que modifican el pronóstico de la enfermedad:

- Carga tumoral: es el porcentaje de cilindros positivos para tumor en una biopsia. Para que sea valorable debe tener al menos 10 cilindros y ser aleatorizada. Si existen > 50-% de los cilindros positivos existe un mayor riesgo de enfermedad extracapsular y empeora el control bioquímico.
- Invasión perineural: su presencia comporta peor pronóstico, afectando negativamente a la supervivencia libre de recaída bioquímica, a la libre de metástasis y a la causa específica.
- Cinética de PSA: un tiempo de doblaje de PSA inferior a 6 meses indica un elevado riesgo de metástasis, mientras que si es > 15 meses el riesgo es bajo. Por otro lado, una velocidad de PSA > 2 ng/ml/año también afecta negativamente al pronóstico.

Por todos estos factores aún hay controversias con respecto al tratamiento más adecuado para cada etapa (cirugía, radioterapia, terapia hormonal o vigilancia activa). El enfoque terapéutico, en este sentido, dependerá del estadio, pero también de las condiciones de salud del paciente, su edad, la escala de Gleason y el PSA, sin dejar de tener en cuenta los efectos adversos y las preferencias personales de cada individuo⁵⁵.

Diagnóstico

La sospecha clínica del cáncer de próstata se basa en el tacto rectal que tiene una sensibilidad y especificidad para la detección de la enfermedad órganoconfinada del 52% y 81% respectivamente, y en las cifras elevadas de PSA, pero el diagnóstico requiere de confirmación histológica mediante biopsia guiada por ecografía transrectal (ETR). Este enfoque diagnóstico, sin embargo, presenta sus limitaciones, ya que existe un elevado porcentaje de tumores clínicamente significativos que no son identificados (falsos negativos) por la ETR. Además, la frecuente elevación de las cifras del PSA en la hipertrofia benigna de próstata o en otras situaciones (como, por ejemplo, en la prostatitis) conduce a la práctica innecesaria de biopsias. La

evolución rápida en los métodos de diagnóstico por imágenes, mostrando cada vez mayores beneficios en el diagnóstico y seguimiento de los pacientes con cáncer de próstata. Tradicionalmente la ETR ha sido utilizada como guía para la toma de biopsias prostáticas, mientras que la TC ha tenido un papel destacado en la estadificación general (con escasa precisión para la estadificación locorregional). No obstante, en la actualidad, los avances técnicos en resonancia magnética (RM) proporcionan una imagen morfológica detallada y de alta resolución, que permite localizar la lesión y estadificarla de forma más certera, con la posibilidad, además, de obtener información funcional del tumor mediante secuencias ponderadas en difusión, dinámicas con contraste y espectroscopía⁵⁶.

La detección de la enfermedad a distancia suele ser valorada por TC tóraco-abdomino-pélvica y gammagrafía ósea, pero nuevos avances en los métodos de diagnóstico por imágenes están siendo evaluados con el fin de establecer con mayor precisión la localización de la enfermedad metastásica y la recurrente. La evolución de la técnica de RM permite realizar, en forma simultánea con la estadificación local, un estudio de cuerpo entero con secuencia de difusión para la valoración de la enfermedad metastásica⁵⁷.

Tratamiento

Dentro del tratamiento básico de esta patología, dependiendo del riesgo y expectativa de vida se tienen como opciones terapéuticas la cirugía, la radioterapia externa, la braquiterapia, hormonoterapia y en algunos casos específicos la combinación de las anteriores⁴. La radioterapia externa es una de las modalidades de tratamiento definitivo en los pacientes con cáncer de próstata localizado⁵⁸.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

El estudio fue de tipo observacional, descriptivo prospectivo y de corte longitudinal ya que se midió durante el tiempo de tratamiento las variaciones en las imágenes verificadoras.

3.2 Población de estudio

La población de estudio estuvo constituida por las imágenes verificadoras de los pacientes con diagnóstico de cáncer de próstata sin enfermedad diseminada, que fueron derivados al Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta durante el periodo de estudio.

3.3 Muestra de estudio

Se consideró a todas las imágenes verificadoras de los pacientes que cumplan los criterios de inclusión, comprendidos en el período de estudio, por lo tanto fue una muestra poblacional.

3.4 Unidad de análisis

Imágenes verificadoras de pacientes con cáncer de próstata prescritos con radioterapia externa 3D.

3.5 Criterios de selección

3.5.1 Criterios de inclusión

- Imágenes verificadoras de pacientes con cáncer de próstata prescritos con radioterapia externa.
- Imágenes verificadoras de pacientes con cáncer de próstata indicados con radioterapia 3D conformada.
- Imágenes adquiridas en el periodo de estudio.

3.5.2 Criterios de exclusión

- Imágenes verificadoras de pacientes con cáncer de próstata con enfermedad a distancia.
- Imágenes verificadoras de baja calidad que no puedan ser comparadas.

3.6 Operacionalización de variables

VARIABLE	SUBVARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO DE VARIABLES	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	VALORES FINALES
REPRODUCIBILIDAD DEL POSICIONAMIENTO	Imágenes verificadoras	Proyección frontal Proyección lateral	Imágenes obtenidas antes del tratamiento para ser comparadas con las DRRs.	Cuantitativa	Razón	Ejes de las coordenadas X, Y, Z	≤5mm >5mm
	Imágenes reconstruidas digitalmente (DRRs)	DRR frontal DRR lateral	Imágenes reconstruidas a partir de la simulación por tomografía computarizada.	Cualitativa	Nominal	Referencias anatómicas	Marcas en la piel

3.7 Técnica e instrumento

La técnica fue la observación, donde el investigador revisa los desplazamientos al comparar las imágenes verificadoras con las imágenes reconstruidas digitalmente.

El instrumento a utilizar fue la ficha de recolección de datos, en la cual se registró dichos desplazamientos luego de las correcciones necesarias, para la posterior cuantificación, análisis e interpretación.

3.8 Plan de recolección de datos

Se solicitó autorización al director del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta y se coordinó con el personal responsable del Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta para poder realizar el estudio.

Se procedió a adquirir las imágenes verificadoras de pacientes con cáncer de próstata posicionados en la camilla de tratamiento, alineando las marcas de la piel con la luz láser de la sala de tratamiento; dichas imágenes se adquirieron durante las primeras cinco sesiones de tratamiento, las imágenes verificadoras fueron comparadas con las radiografías reconstruidas digitalmente para obtener los desplazamientos que corrijan la posición del paciente; los datos obtenidos fueron registrados en la ficha de recolección de datos; se vacían los datos en tablas de contingencia para analizar los resultados en función a los objetivos del estudio.

3.9 Análisis estadístico de los datos

Previo al análisis de datos, estos se presentan en tablas diseñadas en el programa Microsoft Excel 2010. El mismo programa se utilizó para los diferentes análisis estadísticos; los resultados se presentan en tablas y/o gráficos estadísticos, así mismo, para el análisis descriptivo se calculan las medidas de tendencia central porcentaje, media; y en relación a la dispersión de variables: desviación estándar.

3.10 Consideraciones éticas

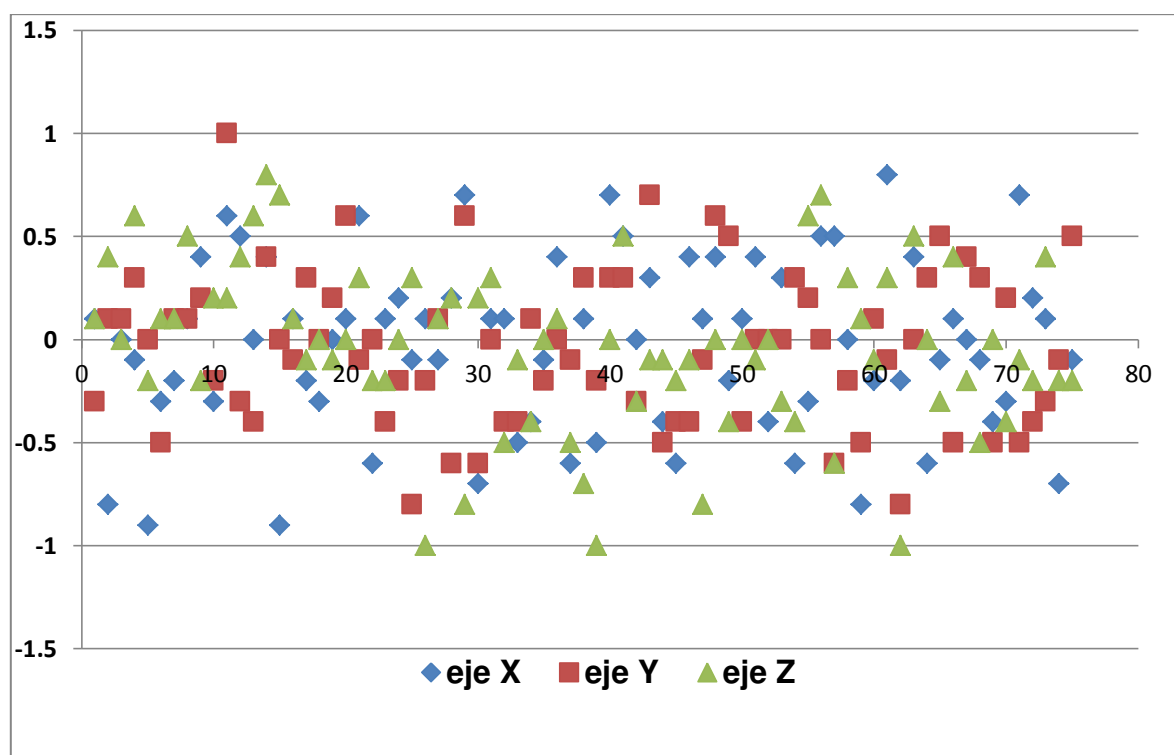
Para ejecutar el estudio se consideró la autorización de la institución y el consentimiento informado de los pacientes, teniendo en cuenta los principios bioéticos considerados en el código de Núremberg, declaración de Helsinki e informe Belmont. Así mismo en mención al principio ético de respeto a las personas, el investigador explicara a los pacientes los objetivos, y el propósito de la investigación, previo a la aplicación del instrumento, para que ellos ejerzan la libertad de decisión para participar o no en el estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Se recolectaron 225 datos, correspondientes a los desplazamientos realizados en las imágenes verificadoras de 15 pacientes durante 5 sesiones de tratamiento. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfico 1 Dispersión de los desplazamientos realizados según ejes.



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 1 muestra la dispersión de los 225 desplazamientos realizados en los ejes X, Y, Z, durante 5 sesiones.

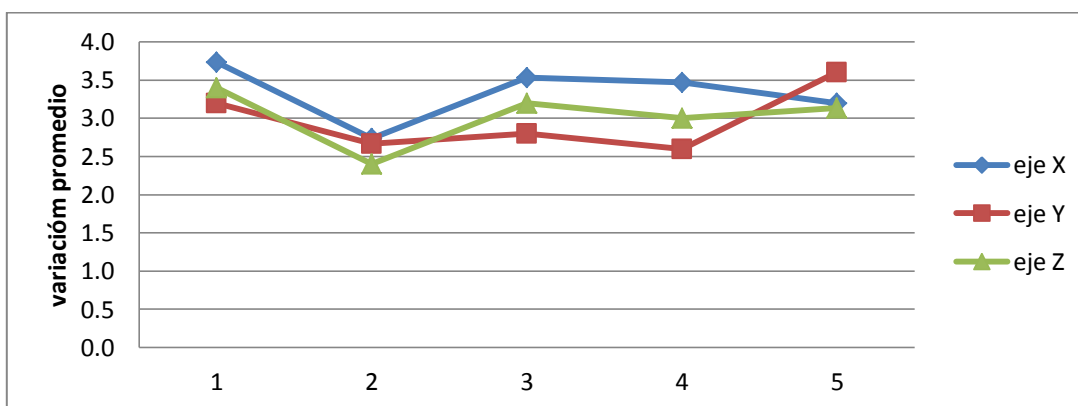
Tabla 1: Variación promedio de los desplazamientos según eje y sesión

EJE	SESIÓN					TOTAL
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	
	$x \pm s$	$x \pm s$	$x \pm s$	$x \pm s$	$x \pm s$	$x \pm s$
X	3.7 ± 3.10	2.7 ± 2.46	3.5 ± 2.23	3.5 ± 2.10	3.2 ± 2.65	3.33 ± 2.72
Y	3.2 ± 2.60	2.7 ± 2.53	2.8 ± 1.90	2.6 ± 2.26	3.6 ± 2.06	2.97 ± 2.25
Z	3.4 ± 2.50	2.4 ± 2.87	3.2 ± 2.83	3.0 ± 2.73	3.1 ± 2.47	3.03 ± 2.64
TOTAL	3.44 ± 2.73	2.6 ± 2.62	3.2 ± 2.32	3.0 ± 2.36	3.3 ± 2.40	3.11 ± 2.46

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 1 muestra la variación promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y, Z y su desviación estándar, siendo de $3.11\text{mm} \pm 2.46\text{mm}$. Así también según ejes se observa lo siguiente: en el eje X es de $3.33\text{mm} \pm 2.72\text{mm}$, en el eje Y $2.97\text{mm} \pm 2.25\text{mm}$ y en el eje Z $3.03\text{mm} \pm 2.64\text{mm}$. Según sesión se observa el mayor promedio de variación en la 1era sesión (3.44 ± 2.73).

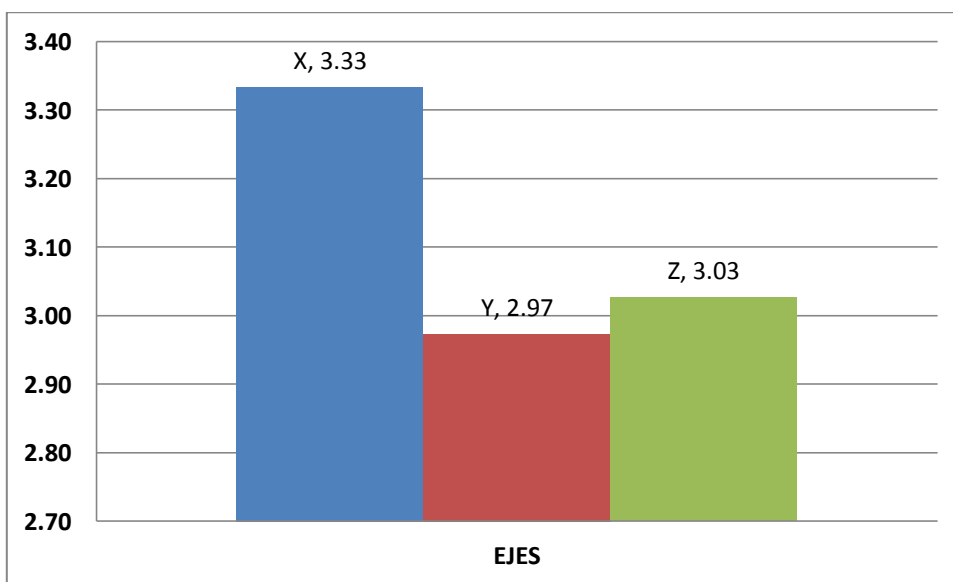
Gráfico 2. Variación promedio de los desplazamientos según eje y sesión



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 1 muestra el comportamiento temporal del promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y, Z, durante las 5 primeras sesiones.

Gráfico 3. Variación promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y, Z.



Fuente: Elaboración propia

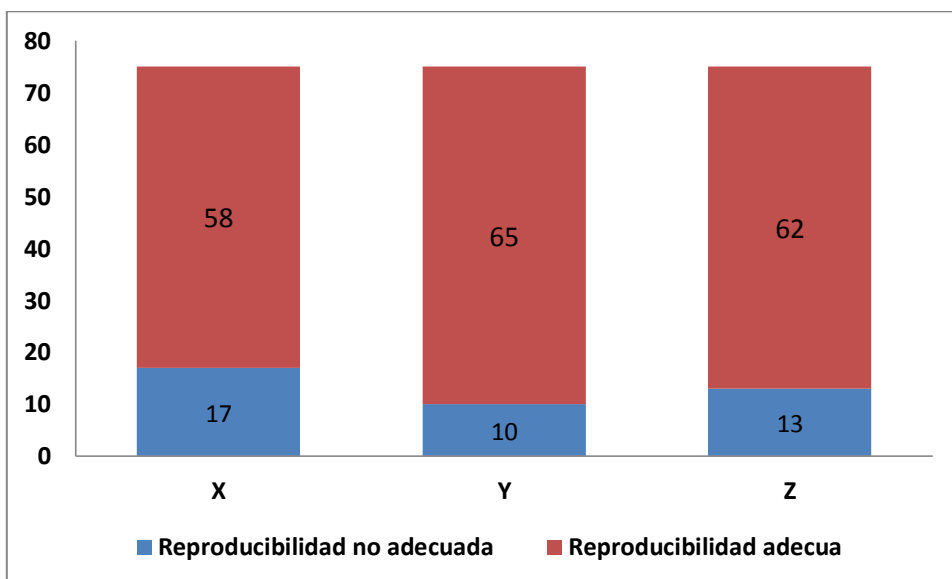
Tabla 2. Distribución de la reproducibilidad adecuada y no adecuada según ejes.

REPRODUCIBILIDAD DEL POSICIONAMIENTO	EJE						TOTAL	
	X		Y		Z			
	n	%	n	%	n	%	n	%
Reproducibilidad adecuada ($\leq 5\text{mm}$)	58	77.3	65	86.7	62	82.7	185	82.2
Reproducibilidad no adecuada ($> 5\text{mm}$)	17	22.7	10	13.3	13	17.3	40	17.8
TOTAL	75	100	75	100	75	100	225	100

Fuente: Elaboración propia

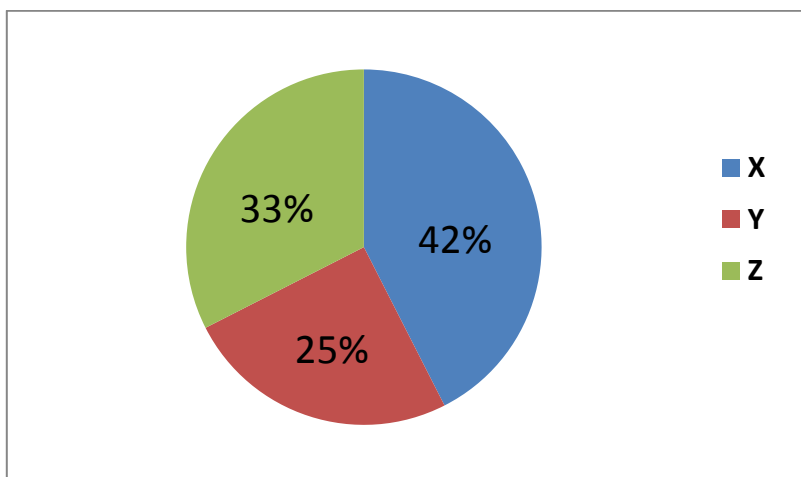
La tabla 2 muestra que de 225 datos, en 185 (82.2%) los desplazamientos fueron menores o igual a 5mm (reproducibilidad adecuada) y en 40 datos (17.8%) los desplazamientos fueron mayores a 5mm (reproducibilidad no adecuada). En cada eje se obtuvo 75 datos, de los cuales, se observa 58 datos (77.3%) en X, 65 (86.7%) en Y, y 62 (82.7%) en Z, con reproducibilidad adecuada.

Gráfico 4. Contribución de la reproducibilidad adecuada y reproducibilidad no adecuada en los ejes X, Y, Z.



Fuente: Elaboración propia

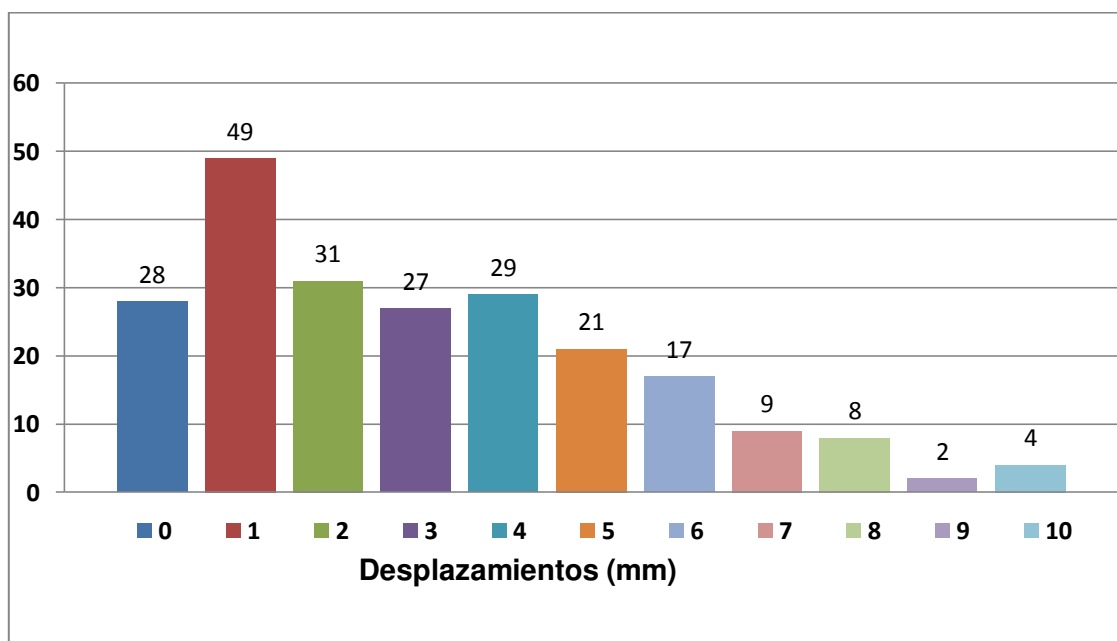
Gráfico 5. Distribución de la reproducibilidad no adecuada según ejes.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5 se observa que la reproducibilidad no adecuada predomina en el eje X (42%).

Gráfico 6. Frecuencia de los desplazamientos realizados.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 6 se observa que el valor de los desplazamientos realizados con mayor frecuencia es 1mm (21.8%), en segundo lugar es el de 2mm (13.8%) y en tercer lugar es el de 4mm (12.9%).

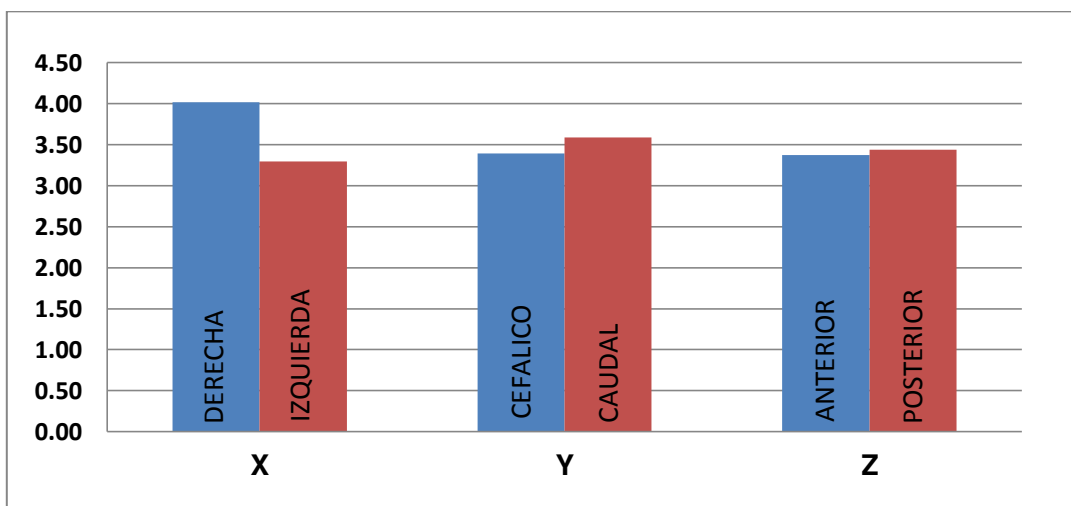
Tabla 3. Variación promedio de los desplazamientos según eje y sentido.

EJE		X		Y		Z	
SENTIDO		Derecha	Izquierda	Cefálico	Caudal	Anterior	Posterior
SESIÓN	1era	5.00	3.50	3.60	3.75	2.00	3.92
	2da	3.33	2.63	2.88	3.40	4.00	2.00
	3era	4.43	3.14	3.40	3.13	3.90	3.00
	4ta	4.17	3.38	3.40	3.67	3.50	4.25
	5ta	3.13	3.83	3.67	4.00	3.44	4.00
TOTAL		4.01	3.30	3.39	3.59	3.37	3.43

Fuente: Elaboración propia

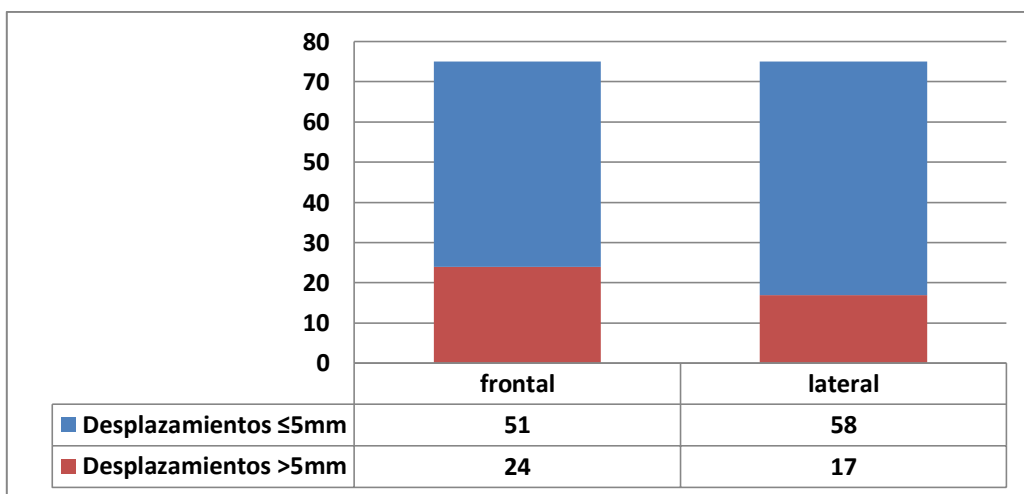
En la tabla 3 se observa que en el eje X según el sentido, el promedio de los desplazamientos fue de 4.01mm hacia la derecha y 3.30mm hacia la izquierda; en el eje Y, fue de 3.39mm en sentido cefálico y 3.59mm en sentido caudal; mientras tanto en el eje Z, el promedio de los desplazamientos fue de 3.37mm en sentido anterior y 3.43mm en sentido posterior.

Gráfico 7. Distribución de la variación promedio de los desplazamientos según sentido.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Distribución del número de imágenes verificadoras con variación significativa.



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 8 muestra que de 75 imágenes verificadoras frontales, en 24(32%) hubo variación significativa ($\leq 5\text{mm}$), mientras que de 75 imágenes verificadoras laterales, en 17(22.6%) hubo variación significativa.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Después de analizar los resultados obtenidos mediante la ficha de recolección de datos, se pudo manifestar lo siguiente: según el gráfico 1, se observa la dispersión de 225 desplazamientos realizados a 15 pacientes en los ejes X, Y, Z, durante 5 sesiones de tratamiento; el eje X representa el desplazamiento lateral, el eje Y representa el desplazamiento céfalo caudal y el eje Z el desplazamiento antero posterior.

La tabla 1 muestra la variación promedio y su desviación estándar de dichos desplazamientos, siendo de $3.11 \pm 2.46\text{mm}$ y según ejes: $3.33 \pm 2.72\text{mm}$ en X, $2.97 \pm 2.25\text{mm}$ en Y, y $3.03 \pm 2.64\text{mm}$ en Z; estos valores son menores a los obtenidos por Sánchez, Gonzáles y Rocha⁷ en su artículo: “Reproducibilidad del posicionamiento de pacientes en tratamiento con radioterapia del Centro Javeriano de Oncología”, los cuales fueron: 3.4mm de promedio en los tres ejes, $3.6 \pm 1.7\text{mm}$ en el eje X, $4.5 \pm 1.95\text{mm}$ en el eje Y, $4 \pm 2\text{mm}$ en el eje Z, mostrando una adecuada reproducibilidad en el posicionamiento del paciente. Dichos valores están dentro del margen considerado en la planificación del tratamiento, aceptado por el documento ICRU reporte 62.

Así también Velásquez y Quispe¹⁰, en su artículo: “Cuantificación de la reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben Radioterapia con dispositivos de inmovilización para tratamientos con VMAT utilizando DRR y CBCT” encuentran que las variaciones de los desplazamientos en pacientes con cáncer de próstata están en el rango de 2 a 4mm, valores similares con el promedio hallado en nuestra investigación (3.11mm), quienes además consideran que estas variaciones son mínimas y están contempladas durante la planificación del tratamiento. En tanto Giordani y Souza⁹ encuentran valores mucho menores: $1.37 \pm 0.84\text{mm}$, $1.99 \pm 1.25\text{mm}$ y $1.94 \pm 1.1\text{mm}$ en los ejes X, Y y Z, respectivamente, esto se debe a un mejor posicionamiento del paciente utilizando inmovilizadores de miembros inferiores

adecuados y protocolos específicos para la verificación permitiendo una reproducibilidad adecuada.

Por otro lado, cuando analizamos las variaciones promedio según sesiones, encontramos que la mayor variación promedio ocurre en la primera sesión ($3.44 \pm 2.73\text{mm}$), y la menor variación promedio se da en la segunda sesión ($2.60 \pm 2.62\text{mm}$), y luego aumenta ligeramente hacia la quinta sesión ($3.3 \pm 2.4\text{mm}$); en este sentido Velásquez y Quispe¹⁰ recomiendan hacer verificaciones periódicas durante el curso de tratamiento sobre todo en técnicas más complejas como en radioterapia 3D conformacional, IMRT, VMAT, etc.

En la tabla 2 se aprecia desplazamientos menores o iguales a 5mm en 185 de 225 casos, que corresponde al 82.2%, este umbral en los desplazamientos determina una reproducibilidad adecuada, mientras que el 17.8% presenta una reproducibilidad no adecuada ($>5\text{mm}$), la distribución de los desplazamientos mayores a 5mm a lo largo de los tres ejes muestra que ocurrieron con predominio en el eje X (22.7%), mientras que en los otros ejes, Y y Z, ocurrieron en 13.3% y 17.3% respectivamente, este comportamiento puede deberse al cambio en el contenido intestinal, tal como lo menciona Krengli et al.⁸ quien halló variaciones $>5\text{mm}$ en el 14.1% de las mediciones del eje X, frente al 2.0% y 5.1% de los ejes Y y Z; además menciona que estas variaciones estuvieron presentes en 3 de cada 4 pacientes con sobrepeso.

El gráfico 8 muestra la frecuencia de los desplazamientos realizados, siendo el más frecuente 1mm que representa el 21.8% de los desplazamientos, seguidor 2mm que representa el 13.8% de los desplazamientos, el tercero más frecuente es el de 4mm (12.9%), estos 3 valores representan casi el 50% del total de datos analizados, y son cercanos al promedio de desplazamientos reportado por Giordani y Souza⁹.

La tabla 3 muestra las variaciones promedio según sentido, en el eje X, predomina hacia la derecha (4.01mm), mientras que hacia la izquierda fue de 3.3mm; en ese sentido Wong et al.³¹ encontró una significativa incertidumbre en la dirección lateral en pacientes con sobrepeso, por el número limitado de pacientes (15) no investigamos este aspecto; en el eje Y, los sentidos cefálico y caudal muestran

valores similares: 3.39mm y 3.59mm respectivamente, al igual que los sentidos anterior y posterior del eje Z: 3.44mm y 3.43mm respectivamente, dichos valores no muestran un predominio importante en alguno de los sentidos, como si ocurre en lo hallado por Navarro¹¹ en su trabajo “Evaluación de la coincidencia entre el isocentro de la imagen de simulación y verificación, en el tratamiento con radioterapia del cáncer de cuello uterino” donde manifiesta que en el eje X el 66.7% de las correcciones fue hacia la izquierda, en el eje Y el 68.7% fue caudal, y en el eje Z el 56% fue posterior; es así que en esta investigación los desplazamientos se comportan de manera similar en los sentidos de cada eje.

En el gráfico 8 se observa la distribución de 150 imágenes verificadoras (75 frontales y 75 laterales), mostrando que el 32% de las imágenes verificadoras frontales presentan variación significativa (desplazamientos mayores a 5mm), mientras que en las verificadoras laterales solo se observa en el 22.6%, estos resultados ante una carga de trabajo mayor de lo habitual servirían para priorizar adquirir imágenes verificadoras frontales, ya que son las que presentan mayor incertidumbres significativas.

CONCLUSIONES

1. En el Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta, se determinó que existe una reproducibilidad adecuada del posicionamiento de los pacientes tratados con radioterapia externa para el cáncer de próstata.
2. La variación promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y y Z fue de $3.11 \pm 2.46\text{mm}$, siendo el eje X el que presentó la mayor variación promedio: $3.33 \pm 2.72\text{mm}$.
3. La menor variación promedio se encontró en la segunda sesión: $2.6 \pm 2.62\text{mm}$.
4. Del total de datos analizados 82.2% presentaron una reproducibilidad adecuada, mientras que el 17.8% presentó una reproducibilidad no adecuada.
5. El desplazamiento más frecuente fue de 1mm (21.8%), seguido de 2mm (13.8%).
6. Se encontró variaciones promedio similares en ambos sentidos de cada eje, salvo en el eje X que fue hacia la derecha ligeramente mayor que hacia la izquierda, 4.01mm y 3.30mm respectivamente.
7. Se determinó que existe mayor variación significativa en las imágenes verificadoras frontales (32%) que en las imágenes verificadoras laterales (22.6%).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar la reproducibilidad del posicionamiento de los pacientes en las demás regiones anatómicas de tratamiento con el fin de implementar tecnologías más avanzadas como IMRT, VMAT, etc.
2. Evaluar continuamente el posicionamiento del paciente mediante imágenes verificadoras, al menos una vez por semana, para asegurar la precisión del tratamiento.
3. Mejorar los sistemas de inmovilización de miembros inferiores, así como también, implementar un protocolo interno de verificación del posicionamiento.
4. Se recomienda al equipo de tecnólogos médicos protocolizar los procedimientos tanto para la tomografía de simulación como para la puesta en marcha del tratamiento.
5. Ampliar la investigación empleando nuevos sistemas de adquisición de imágenes verificadoras como el CBCT (cone beam computed tomography), que permita evaluar la reproducibilidad del volumen a irradiar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Parkin DM, Bray F, Ferlay J, Pisani P. Global Cancer Statistics 2002. *CA Cancer J Clin.* 2005; 55:74-108.
2. Pow-Sang Mariela, Destefano Víctor, Astigueta Juan Carlos, Castillo Octavio, Gaona José Luis, Santaella Félix et al. Cáncer de próstata en Latinoamérica. *Actas Urol Esp.* 2009; 33(10):1057-1061. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062009010000005&lng=es (último acceso 15 de junio 2016).
3. Perú, Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, Departamento de Epidemiología y Estadística del Cáncer. *Informe Ejecutivo: Registro de Cáncer de Lima Metropolitana 2004-2005*. Lima: INEN; 2011.
4. Sancho Pardo G. *Tratamiento del cáncer de próstata con Radioterapia Externa: factores pronóstico*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona; 2005.
5. Ed. Samper Ots P. *Volúmenes Blanco en Radioterapia Conformada 3D*. España: Visto Bueno Equipo Creativo, S.L. 2010.
6. Sotoca Ruiz, A., Caballero Guerra, P., Caballero Perea, B. et al. Generalidades. En: Ed. Samper Ots P. *Volúmenes Blanco en Radioterapia Conformada 3D*. España: Visto Bueno Equipo Creativo, S.L. 2010. p. 14.
7. Ricardo Sánchez, et al. Reproducibilidad del posicionamiento de pacientes en tratamiento con radioterapia del Centro Javeriano de Oncología. *Univ Med. Bog.* 2011; 52(1):44-62.
8. Krengli, M., et al. Reproducibility of patient setup by surface image registration system in conformal radiotherapy of prostate cancer. *Radiation Oncology.* 2009;

- 4(9). Disponible en: <https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-717X-4-9> (último acceso 15 de agosto 2017).
9. Adelmo Giordani, et al. Acurácia na reproducibilidade do posicionamento diario de pacientes submetidos a radioterapia conformada (RT 3D) para câncer de próstata. Radiol Bras. 2010; 43(4):236-240.
10. Velasquez, D., Quispe, I. Cuantificación de la reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben radioterapia con dispositivos de inmovilización para tratamientos con VMAT utilizando DRR y CBCT. Ponencia presentada en la 14° Conferencia Internacional sobre Dosimetría de Estado Solido; 13-16 abril 2014, Cusco – Perú.
11. Navarro Mejía E. *Evaluación de la coincidencia entre el isocentro de la imagen de simulación y verificación, en el tratamiento con radioterapia del cáncer de cuello uterino*. Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014.
12. Craven-Bartle J. *Tratamiento del cáncer de próstata con radioterapia externa: Factores pronóstico*. Tesis de grado. Universidad Autónoma de Barcelona. 2005
13. Pinillos Ashton L. Evolución de la Radioterapia en el Perú, del siglo XX al XXI. Academia Nacional de Medicina - Anales 2005. Disponible en: http://www.acadnacmedicina.org.pe/publicaciones/Anales_2005/17Evolucion_Pinillos.pdf (último acceso octubre 2016).
14. Asbell SO, Krall JM, Pilepich MV, Baerwald H, Sause WT, Hanks GE, et al. Elective pelvic irradiation in stage A2, B carcinoma of the prostate: Analysis of RTOG 77-06. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1988; 15(6):1307-1316.

15. Wang-Chesebro A, Xia P, Coleman J, Akazawa C, Roach M 3rd. Intensity-modulated radiotherapy improves lymph node coverage and dose to critical structures compared with three-dimensional conformal radiation therapy in clinically localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2006 1; 66(3):654-662.
16. Zelefsky MJ, Levin EJ, Hunt M, Yamada Y, Shippy AM, Jackson A, et al. Incidence of Late Rectal and Urinary Toxicities After Three-Dimensional Conformal Radiotherapy and Intensity-Modulated Radiotherapy for Localized Prostate Cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2008; 70(4):1124-9.
17. Kitamura K, Shirato H, Seppenwoolde Y, et al. 3-D Intrafractional movement of prostate measured during real-time tumor-tracking radiotherapy in supine and prone treatment positions. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002 53: 1117–1123.
18. De Meerleer G, Villeirs G, Bral S, et al. The magnetic resonance detected intraprostatic lesion in prostate cancer: planning and delivery of intensity-modulated radiotherapy. *Radiother Oncol.* 2005 75:325-33.
19. ICRU Report 50. Dose specification for reporting external beam therapy with photons and electrons. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D. C.; 1978.
20. ICRU Report 62. Prescribing, recording and reporting photon beam therapy (Supplement to ICRU report 50). International Commission on Radiation Units and Measurements. 1999.
21. Teh BS, Bastasch MD, Wheeler TM, et al. IMRT for prostate cancer: Defining target volume based on correlated pathologic volume of disease *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2003 56:184-191.

22. Ferrer Albiach, C., Sánchez Iglesias, A.L., Conde Moreno, A.J. Cáncer de próstata. En: Ed. Samper Ots P. *Volúmenes Blanco en Radioterapia Conformada 3D*. España: Visto Bueno Equipo Creativo, S.L. 2010. p. 55.
23. Ferrer Albiach, C., Sánchez Iglesias, A.L., Conde Moreno, A.J. Cáncer de próstata. En: Ed. Samper Ots P. *Volúmenes Blanco en Radioterapia Conformada 3D*. España: Visto Bueno Equipo Creativo, S.L. 2010. p. 52.
24. Ferrer Albiach, C., Sánchez Iglesias, A.L., Conde Moreno, A.J. Cáncer de próstata. En: Ed. Samper Ots P. *Volúmenes Blanco en Radioterapia Conformada 3D*. España: Visto Bueno Equipo Creativo, S.L. 2010. p. 64.
25. Pollack A, Zagars GK, Starkschall G et al. Prostate cancer radiation dose response: results of the M.D. Anderson phase III randomized trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53:1097-1105.
26. Zelefsky MJ, Fuks Z, Happersett L, et al. Clinical experience with intensity modulated radiation therapy (IMRT) in prostate cancer. *Radiother Oncol*. 2000; 55:241-9.
27. Michalsky JM, Purdy JA, Winter K, et al. Preliminary report of toxicity following 3D radiation therapy for prostate cancer on 3DOG/RTOG 9406. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 46:391-402.
28. Rosenman, J. Incorporating functional imaging information into radiation treatment. *Seminars Radiation Oncology*. 2001 Jan; 11 (1): 83-92.
29. Marc A. Bollet, Hellen A. McNair, Vibeke N. Hansten, Andrew Norman et al. Can digitally reconstructed radiographs (DRRS) replace simulation films in prostate cancer conformal radiotherapy. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*. 2003; 57 (4): 1122-1130.

30. Ploeger LS, Frenay M, Betgen A, de Bois JA, Gilhuijs KG, van Herk M: Application of video imaging for improvement of patient set-up. *Radiother Oncol* 2003, 68: 277-284.
31. Wong JR, Gao Z, Uematsu M, Merrick S, Machernis NP, Chen T, Cheng CW: Interfractional Prostate Shifts: Review of 1870 Computed Tomography (CT) Scans Obtained During Image-Guided Radiotherapy Using CT-on-Rails for the Treatment of Prostate Cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008, 72: 1396-401.
32. Andrew L. Fielding, Philip M. Evans and Catharine Clark. Verification of patient position and delivery of IMRT by electronic portal imaging. *Radiotherapy and Oncology*. 2004; 73 (3): 339-347.
33. Berthelet E, Truong PT, Zavgorodni S, Moravan V, Liu MC, Runkel J, Bendorffe B, Sayers D: Consistency in electronic portal imaging registration in prostate cancer radiation treatment verification. *Radiother Oncol*. 2006; 19:1-37.
34. Thwaites D.I., Tuohy J.B. Back to the future: The history and development of the clinical linear accelerator. *Phys. Med. Biol*. 2006. 51, 343-362.
35. Langmack K.A., Goss V. Characterization of new portal film systems for radiotherapy verification. *Br.J.Radiol*. 1999. 72, 479-484.
36. Walsh P. *Campbell's urology*. 8^a ed. Philadelphia: Saunders. 2002.
37. Hricak MARIDO, Thoeni RF. Anatomía de la glándula prostática. En: *Pollack HM. Urografía Clínica*. 2^a ed. Philadelphia Saunders. 2000; 1669-70.
38. Coakley FV, Hricak H. Anatomía Radiológica de la glándula de la próstata: un enfoque clínico. *Radiol Clin Norte Am*. 2000; 38:15. -30

39. Villers LA, Steg A, Boccon-Gibod L. Anatomía de la próstata: Revisión de los diferentes modelos. *Eur Urol*. 1991; 20: 261. -268.
40. Hricak MARIDO, Doom GC, McNeal JE, et al. RM de la glándula prostática: anatomía normal. *AJR Am J Roentgenol*. 1987; 148:5 -58.
41. Albertsen PC, Fryback DG, Storer BE, et al. Long-term survival among men with conservatively treated localized prostate cancer. *JAMA* 1995; 274:626-631.
42. Ferlay J, Shin HR, Bray F, Forman D, Mathers C, Parkin DM. Globocan 2008. V2.0, Cancer incidence and Mortality Worldwide: IARC Cancer Base No 10 [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2010. Dic. Disponible en: <http://globocan.iarc.fr>. (último acceso junio 2016)
43. Pow-Sang M, Benavente V, Morante C, Meza L, Olaechea C. Diagnóstico del cáncer de próstata mediante tacto rectal, antígeno prostático específico y biopsia transrectal por ultrasonografía en el Instituto de Enfermedades Neoplásicas (Lima, Perú). *Urología Panamericana*. 2001; 13:35-8.
44. Pienta KJ, Esper PS. Risk factors for prostate cancer. *Annals of internal medicine*. 1993; 118:793-803.
45. Shimizu H, Ross RK, Bernstein L. Possible underestimation of the incidence rate of prostate cancer in Japan. *Jpn J Cancer Res* 1991; 82:483-485.
46. Spitz MR, Currier RD, Fueguer JJ *et al*. Familial patterns of prostate cancer: A case control analysis. *J Urol* 1991; 146:1305-7.
47. Godfrey QM, Baker DJP. Maternal nutrition in relation to fetal and placental growth. *Eur J Obst Gynecol Reprod Biol* 1995; 61:15-22.

48. Steinbergh GD, Carter BS, Beaty TH, et al. Family history and the risk of prostate cancer. *Prostate* 1990; 17(4):337-347.
49. Giovannucci E, Rim EB, Colditz GA, et al. A prospective study of dietary fat and risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 1993; 85:1571- 1579.
50. Samira S, Petryla D, Thompson IM, Management of High ris localized prostate cancer: the integration of local and systemic therapy approaches. *Urologic Oncology: Seminars and original investigations*. 2003; 21: 235-243.
51. Catalona WJ, Smith DS, Ratliff TL, Dodds KM, Coplen DE, Yuan JJ, Petros JA, Andriole GL. Measurement of prostate-specific antigen in serum as a screening test for prostate cancer. *N Engl J Med*. 1991; 25; 324:1156-61.
52. Kundra V, Silverman PM, Matin SF, Choi H. Imaging in oncology from the University of Texas M.D. Anderson Cancer Center: diagnosis, staging, and surveillance of prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;189:830-44.
53. Edge SB, Byrd DR Compton CC, Fritz AG, Greene FL, Trotti A, editores. *AJCC cancer staging manual*. 7.^a ed. Chicago: Springer; 2010.
54. Mohler J, Bahnson RR, Boston B, Busby JE, D'Amico A, Eastham JA, et al. NCCN clinical practice guidelines in oncology: prostate cancer. Disponible en: <http://www.jnccn.org/content/10/9/1081.full> (último acceso junio 2016)
55. Vallejos J, Villaronga A, Álvarez C, Mariluis C, Paganini L, González C et al. Actualización de la estadificación del cáncer de próstata. *Rev. argent. radiol*. 2013. 77(4): Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-99922013000400009&lng=es (último acceso junio 2016).

56. Bonekamp D, Jacobs MA, El-Khouli R, Stoianovici D, Macura KJ. Advancements in MR imaging of the prostate: from diagnosis to interventions. *Radiographics*. 2011; 31:677-703.
57. Vilanova JC, Comet J, Garcia-Figueiras R, Barceló J, Boada M. Usefulness of magnetic resonance imaging in prostate cancer. *Radiologia*. 2010; 52:513-24.
58. Hanks GE, Hanlon AL, Schultheiss TE, Pinover WH, Movsas B, Epstein BE et al. Dose escalation with 3D conformal treatment: five year outcomes, treatment optimization, and future directions. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1998. 41:501–510.

ANEXOS

ANEXO I

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Centro de Radioterapia del Hospital De Alta Complejidad Virgen de La Puerta. 2017

Sr(a).....

A usted se le invita a participar de este trabajo de investigación, que consiste en cuantificar la reproducibilidad del posicionamiento durante el tratamiento.

Haciendo este estudio, tendríamos información sobre la reproducibilidad del posicionamiento, conllevando a que usted reciba un tratamiento más exacto.

Procedimiento del estudio

Si usted acepta participar, se le realizará la toma de imágenes verificadoras durante el transcurso del tratamiento, para cuantificar las correcciones del lugar de tratamiento.

Los beneficios que tendríamos al aceptar participar de este estudio son: verificar constantemente que el lugar en el que reciba el tratamiento sea el correcto y mejor control de calidad para un tratamiento más exacto.

SU FIRMA INDICA QUE USTED HA DECIDIDO PARTICIPAR VOLUNTARIAMENTE EN ESTE ESTUDIO HABIENDO LEIDO LA INFORMACIÓN ANTERIOR.

.....No

Nombre del Participante

Firma del Participante

DNI

ANEXO II



RED ASISTENCIAL LA LIBERTAD

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Trujillo, mayo 08 del 2017.

Señor Doctor

Juan Díaz Plasencia

GERENTE DE LA RED ASISTENCIAL LA LIBERTAD

Presente.

ASUNTO: SOLICITO REALIZAR ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN EN HOSPITAL
DE ALTA COMPLEJIDAD VIRGEN DE LA PUERTA

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez solicitar a Ud. me conceda el permiso respectivo para realizar la recolección de datos de los pacientes del Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de la Puerta con la finalidad de realizar mi TESIS titulada “Reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata”, como trabajo final para optar el grado de Licenciado Tecnólogo Médico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Conocedor de su compromiso con la educación y agradeciéndole de antemano la atención brindada a la presente, quedo de Ud.

Atentamente,

GARCÍA CRUZ LUIS ALBERTO

DNI N° 47467055

ANEXO III

CUADRO DE RECOLECCION DE DATOS:

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS			
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA			
E.A.P. TECNOLOGIA MÉDICA			
“REPRODUCIBILIDAD DEL POSICIONAMIENTO EN PACIENTES CON CANCER DE PROSTATA.”			
CENTRO DE RADIOTERAPIA DEL HOSPITAL NACIONAL DE ALTA COMPLEJIDAD VIRGEN DE LA PUERTA. 2017			
DATOS PERSONALES			
NOMBRE DEL PACIENTE			
EDAD			
MOVIMIENTOS EN LAS IMÁGENES VERIFICADORAS			
NÚMERO DE VERIFICADORA	SET UP FRONTAL		SET UP LATERAL
	EJE X	EJE Y	EJE Z
	LAT	LNG	VRT
1			
2			
3			
4			
5			

ANEXO IV

INSTRUCTIVO PARA LAS TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN DE TRATAMIENTO TRIDIMENSIONAL CON IMÁGENES TAC PARA CÁNCER DE PRÓSTATA



RED ASISTENCIAL LA LIBERTAD

HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD VIRGEN DE LA PUERTA

CENTRO DE RADIOTERAPIA

INSTRUCCIONES

Planificación dosimétrica solicitada en cuadro de tratamiento donde se indique a partir de imágenes TAC.

- Volumen(s) a tratar, identificados como PTV, volúmenes de órganos en riesgo (OAR) y otros que se consideren de interés (CTV, GTV). Previamente definidos los PTV's por parte del médico radioterapeuta:
 - PTV1: Pelvis
 - PTV1.1: Próstata + vesículas seminales más márgenes
 - PTV 1.1.1: Próstata + márgenes

Órganos en riesgo:

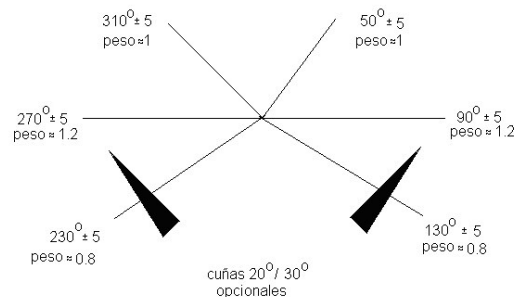
- Recto
- Vejiga
- Bulbo peneano
- Cabezas femorales

Se desarrollará el siguiente procedimiento:

- Definición del sistema de coordenadas (x, y, z) en las imágenes TAC a partir de las marcas de referencias las cuales han sido fijadas previamente sobre uno de los cortes.
- Definición de técnica de tratamiento para 3DCRT vs. IMRT:
 - Energía mayor de 10 MV (3DCRT) o de 6 MV (IMRT).

- Especificación de la dosis en isocentro (Punto de normalización de la dosis)
- Para el PTV1: Técnica en caja, cuatro campos coplanares isocéntricos pélvicos conformados con MLC, o drenaje ganglionar exclusivo con IMRT cuando el caso lo amerite, (dosis, volúmenes y fraccionamiento sobre PTV, según protocolos clínicos del servicio de Radioterapia. Los pesos de los campos 2:1 para AP- PA y laterales
- Para el PTV1.1: Técnica de seis campos coplanares isocéntricos conformados con MLC, con pesos y angulaciones según figura 1 (Las angulaciones y pesos de los campos pueden cambiarse a valores que permitan obtener la mejor conformación de la distribución de dosis sobre el PTV). Campo anterior y posterior con cuñas dinámicas de 20° a 30° opcionales.
- Para el PTV1.1.1: técnica de 6 campos (opcional 7 campos) configuración y pesos igual que para el PTV1.1.

Figura 1



***NOTA:** Si la planeación del tratamiento 3DCRT no cumple las dosis límites a recto y vejiga, o en casos especiales, estará indicada la planeación con técnica IMRT.

- Definición de técnica de tratamiento para IMRT:
 - 5 campos conformados con MLC y energía de 6MV,

- Angulaciones de $180^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $105^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $315^{\circ} \pm 5^{\circ}$ y $255^{\circ} \pm 5^{\circ}$.
- Para 3DCRT pesos asignados a cada campo de acuerdo a la mejor distribución de dosis sobre el PTV y OAR, para IMRT pesos iguales, técnica sliding window.
- Punto de normalización: Punto de referencia ICRU.
- Evaluar las dosis integradas en los planos axiales, sagitales y coronales en un plan suma que contenga todos los PTV's, igualmente en los histogramas dosis-volumen.
- Campos de posicionamiento (Field Setup) tamaño 10 x 10 AP, lateral derecho y para los casos que aplique OBI-TAC.
- Histograma dosis – volumen (DVH) de todas las estructuras definidas, en valores absolutos o relativos.
- DRR para todos los campos.

REVISIÓN:

La planificación será realizada por el físico médico y si satisface la dosimetría prescrita, el médico tratante la revisará para proceder a la aprobación en junta médica de radioterapia.

- **APROBACIÓN:** La planificación de tratamiento debe ser aprobada y firmada por la junta médica de radioterapia cuando se cumplan las exigencias, de no ser así deberán realizarse las modificaciones a que haya lugar.

CONTROL DE CALIDAD:

Para los casos que aplique IMRT se realizará un control de calidad realizado por el Físico médico asignado, empleando placas radiográficas EDR2, phantom CIRS, cámara de ionización, electrómetro, software de análisis RIT 5.13.

IMPRESIÓN, INGRESO A RED: Posterior a la aprobación y al control de calidad para los casos que aplique la IMRT, aprobados en junta médica se seguirán los siguientes pasos:

- Impresión del reporte de planificación donde se incluya una imagen axial y una sagital en el corte más representativo de la distribución de dosis, DVH.

- Completar el cuadro de tratamiento en los espacios correspondientes a Física Médica.
- Introducir los datos en la Red Aria en los casos que aplique.

ENTREGA:

Una vez cumplido los requisitos anteriores el cuadro de tratamiento será entregado a la coordinación de tecnólogos.

INICIO DE TRATAMIENTO:

Se da inicio de tratamiento según procedimientos establecidos por el servicio.

ANEXO V**RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CENTRO DE RADIOTERAPIA HACVP**

Alineación de las marcas en la piel del paciente con la luz láser en la sala de tratamiento.

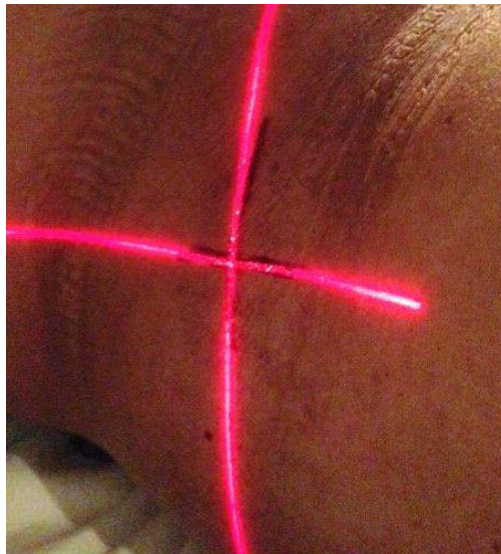


Fig. 1

Comparación de imágenes verificadoras y DRRs

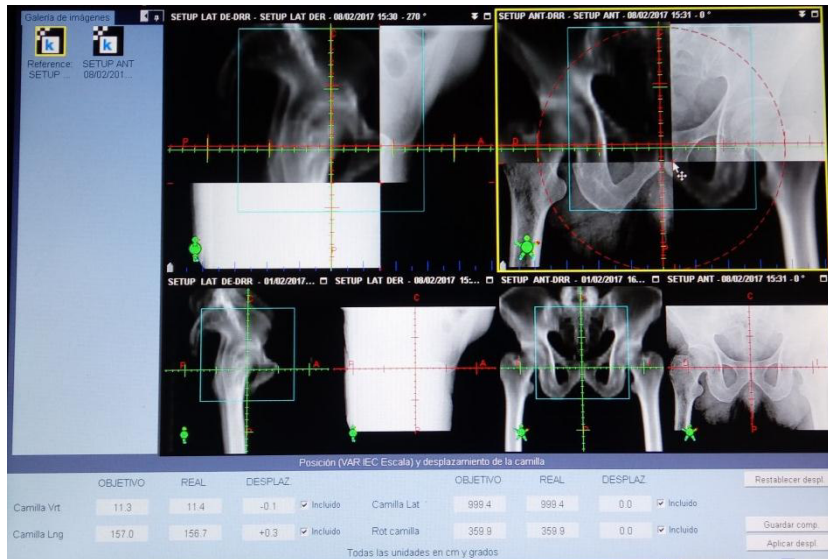


Fig. 2

Datos registrados de los desplazamientos realizados

Archivo Edición Formato Ver Ayuda					
Resultados de comparación OBI en línea (Diferencia de posición final comparada en línea y posición inicial de camilla) (Escala: VAR_IEC)					

Nombre de paciente: Castro Salas, Jorge					
ID de paciente: 43211					
Usuario: lgarcia					
Fecha: 24/03/2017 03:56:15 p.m.					
Tipo de objeto: Ligada					
Plan: ARC/PTV3					
Vrt [cm]	Lng [cm]	Lat [cm]	Rot [grados]	Fecha	Tiempo
0.6	0.2	-0.1	0	07/02/2017	15:31
-0.1	0.3	0	0	08/02/2017	15:30
-0.4	0.1	-0.4	0	09/02/2017	15:33
-0.4	0.5	-0.2	0	10/02/2017	15:07
0	0.3	-0.6	0	11/02/2017	15:24

Fig. 3